

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEME VE
IŞINLAMANIN PIŞIRMEYE HAZIR KÖFTELERİN
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Aylin ÖZTÜRK**

Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEME VE
IŞINLAMANIN PİŞİRMEYE HAZIR KÖFTELERİN
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Aylin ÖZTÜRK
506051501**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Ocak 2008**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Gürbüz GÜNEŞ
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Güldem ÜSTÜN (İ.T.Ü)
Doç.Dr. Beraat ÖZÇELİK (İ.T.Ü)**

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Kullanıma ve tüketime hazır gıdalara olan tüketici taleplerinde tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli artışlar olmuştur. Bu ürün kategorisinde pişirmeye hazır ve yarı pişmiş et ürünleri önemli bir yer tutmaktadır. Buna benzer ürünler mikroorganizmalar için ideal bir ortam oluşturmakta ve bu ürünlerde bazı patojenik mikroorganizmalar (*E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) büyük risk teşkil etmektedir. Bu ve benzeri et ürünlerinden son zamanlarda çok sayıda gıda kaynaklı enfeksiyon vakaları ortaya çıkmıştır. Ayrıca kullanıma hazır et ürünlerinin raf ömürleri mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalardan dolayı oldukça kısadır. Dolayısıyla bu gıdalar için uygun muhafaza tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu tez çalışmasında, farklı atmosfer koşullarında paketlemenin ve farklı dozlarda gama ışını uygulamasının pişirmeye hazır köftelerin kalitesi üzerinde meydana getirdiği değişimler incelenmiştir.

Tez çalışmasının tüm aşamalarında desteği ve katkısını esirgemeyen ihtiyaç duyduğum her an bana zaman ayıran danışmanım Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ'e teşekkür ederim.

Duyusal analizleri gerçekleştirmemde desteği ve katkısı, ayırdığı zaman ve gösterdiği özveri dolayısıyla Doç. Dr. Beraat ÖZÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca duyusal panellere katılım gösteren Doç. Dr. Beraat Özçelik'e, Nalan Demir'e, Ar. Gör. Harika Çankaya'ya, Ar. Gör. Derya Kahveci'ye, Ar. Gör. Zeynep Tacer'e ve Ar. Gör. Celale Kırkın'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hayata geçmesine imkân sağlayan Gamma-Pak Işınlama Tesisi Genel Müdürü Dr. Hasan Alkan'a ve firmanın tüm çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma; TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenen 105 O 152 No' lu proje kapsamında gerçekleşmiştir. Ayrıca İ.T.Ü. Araştırma Fon Saymanlığı tarafından destek sağlanmıştır. Paketleme materyallerini temin etmemizi sağlayan Korozo Ambalaj San. Ve Tic. A.Ş.'e teşekkür ederim.

Tezin ve eğitim hayatımın tüm aşamasında maddi ve manevi destekleri ile hep yanımda olan anneme, babama ve kardeşime şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu çalışma sürecinde yanımda olan ve ihtiyaç duyduğumda yardımlarını esirgemeyen Neriman YILMAZ'a teşekkür ederim.

OCAK, 2008.

Aylin ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
GİRİŞ	1
1.LİTERATÜR ÖZETİ	3
1.1. Tüketime Hazır Et Ürünleri	3
1.1.1. Yağ oksidasyonu	3
1.1.2. Renk	5
1.1.3. Uçucu aroma maddeleri	6
1.1.4. Duyusal özellikler	8
1.2. Muhafaza Teknikleri	9
1.2.1. Işınlama	10
1.2.1.1. Işınlama kaynakları	11
1.2.1.2. Işınlamanın etki mekanizması ve kullanım alanları	12
1.2.1.3. Işınlama işlemi ile ilgili yasal düzenlemeler	14
1.2.1.4. Işınlamanın et ürünlerinin kalitesi üzerine etkisi	17
1.2.2. Modifiye atmosferde paketleme	24
1.2.2.1. Modifiye atmosfer paketlemede kullanılan gazlar	25
1.2.2.2. Modifiye atmosferde paketlemenin et ürünlerinde kullanılması	28
1.2.3. Modifiye atmosferde paketleme ve ışınlamanın birlikte kullanılması	29
2. MATERYAL VE METOD	32
2.1. Materyal	32
2.1.1. Malzemeler ve kimyasallar	32
2.1.2. Ambalaj materyali	32
2.2. Metotlar	32
2.2.1. Köftenin hazırlanması	33
2.2.2. Paketleme	33
2.2.3. Işınlama	34
2.2.4. Depolama	34
2.2.5. TBA analizi	35
2.2.6. Renk analizi	37
2.2.7. pH analizi	37
2.2.8. Duyusal analiz	37

2.2.9. Paket içi gaz kompozisyonu analizi	39
2.2.10. GC-SPME ile uçucu analizi	39
2.2.11. İstatistiksel analizler	40
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
3.1. Işınlama Dozu ve Paket İçi O ₂ ve CO ₂ Konsantrasyonlarının Köftelerin Yağ Oksidasyonu, Renk ve Uçucu Bileşenleri Üzerine Etkisi	41
3.1.1. Paket içi gaz kompozisyonları	41
3.1.2. Yağ oksidasyonu	43
3.1.3. Renk değişimi	45
3.1.4. Uçucu bileşenler	48
3.2. Işınlama (0-3 kGy) ve MAP'ın (%2 O ₂ +%50 CO ₂) Köftelerin Yağ Oksidasyonu, Renk, Duyusal Özellikleri ve Uçucu Bileşenleri Üzerine Etkisi	52
3.2.1. Paket içi gaz kompozisyonları	52
3.2.2. Yağ oksidasyonu	53
3.2.3. Renk değişimi	55
3.2.4. Uçucu bileşenler	58
3.3. Duyusal Özelliklerdeki Değişimler	62
3.3.1. Pişirilmemiş köftelerin duyusal özelliklerindeki değişimler	62
3.3.1.1. Işınlama kokusu	62
3.3.1.2. Renk	63
3.3.1.3. Baharat kokusu	65
3.3.2. Pişirilmiş köftelerin duyusal özelliklerindeki değişimler	66
3.3.2.1. Işınlama kokusu	66
3.3.2.2. Baharat kokusu	67
3.3.2.3. Renk, pişmiş tat, dokuda sıkılaşma	67
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	70
KAYNAKLAR	71
EKLER	80
ÖZGEÇMİŞ	86

KISALTMALAR

BHT	: Bütillendirilmiş hidroksitoluen
FAO	: Food and Agricultural Organization
FDA	: Food and Drugs Administration
IAEA	: Uluslararası Atomik Enerji Ajansı
kGy	: kiloGray (Işınlama birimi)
MAP	: Modifiye Atmosfer Paketleme
MDA	: Malondialdehit
SPME	: Katı Faz Mikroekstraksiyon
TAEK	: Türkiye Atom Enerji Kurumu
TBA	: Tiyobarbütirik asit
TBARS	: TBA ile reaksiyona giren maddeler
TCA	: Trikloroasetik asit
TEP	: 1,1,3,3 Tetraetoksipropan
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1	Ticari olarak bulunan fiberler ve özellikleri 8
Tablo 1.2	Işınlamanın onaylandığı ülkelerden bazıları ve onaylanan ürün sayısı..... 14
Tablo 1.3	ABD’de FDA tarafından izin verilen ışınlama dozları..... 15
Tablo 1.4	Türk Gıda Kodeksi Işınlama Yönetmeliğine göre gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları..... 16
Tablo 1.5	MAP’ın avantajları ve dezavantajları..... 25
Tablo 1.6	Belirli et ve et ürünlerinde kullanılan atmosferler..... 26
Tablo 2.1	Duyusal analizde kullanılan özellikler ve referanslar..... 38
Tablo 3.1	Farklı dozlarda ışınlanmış paketlerdeki depolama sırasında ortalama O ₂ ve CO ₂ kompozisyonlar (M1: %0O ₂ +%0CO ₂ , M2: %0O ₂ +%50CO ₂ , M3: %5O ₂ +%0CO ₂ , M4: %5O ₂ +%50CO ₂ , M5: %21O ₂ +%50CO ₂ , A: %21O ₂ +%0CO ₂)..... 42
Tablo 3.2	Bazı standart uçucu maddelerin gaz kromatografisinde detektöre geliş süreleri..... 48
Tablo 3.3	Işınlama ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin depolama boyunca köftelerin uçucu bileşenlerine etkisi (M1:%0O ₂ +%0CO ₂ , M2: %0O ₂ +%50CO ₂ , M3: %5O ₂ +%0CO ₂ , M4: %5O ₂ +%50CO ₂ , M5: %21O ₂ +%50CO ₂ , A: %21O ₂ +%0CO ₂)..... 49
Tablo 3.4	MAP ve hava atmosferi ile paketlenen örneklerde gaz ölçümü değerleri (Renk ve yağ oksidasyonu için kullanılan paketler)..... 52
Tablo 3.5	MAP ve hava atmosferi ile paketlenen örneklerde gaz ölçümü değerleri (Duyusal ve uçucu analizi için kullanılan paketler)..... 53
Tablo 3.6	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin 3±1°C’de depolama sırasında köftelerin farklı dakikalarda gelen piklerin alanları üzerine etkisi..... 61
Tablo 3.7	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin 3±1°C’de depolama sırasında pişirilmemiş köftelerin ışınlama kokusu değerleri üzerine etkisi..... 62
Tablo 3.8	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin 3±1°C’de depolama sırasında pişirilmemiş köftelerin renk değerleri üzerine etkisi..... 64
Tablo 3.9	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin 3±1°C’de depolama sırasında pişirilmemiş köftelerin baharat kokusu değerleri üzerine etkisi..... 65
Tablo 3.10	Farklı dozlarda ışınlanan ve paketlenen pişirilmemiş köftelerin 15 gün depolama süresi boyunca % olarak örnekleri beğenen panelistlerin oranı..... 65

Tablo 3.11	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sırasında pişirilmiş köftelerin ışınlama kokusu değerleri üzerine etkisi.....	67
Tablo 3.12	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sırasında pişirilmiş köftelerin baharat kokusu değerleri üzerine etkisi.....	67
Tablo 3.13	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sırasında pişirilmiş köftelerin renk değerleri üzerine etkisi	68
Tablo 3.14	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sırasında pişirilmiş köftelerin pişmiş tat değerleri üzerine etkisi...	68
Tablo 3.15	Işınlama dozu ve paketlenme şeklinin $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sırasında pişirilmiş köftelerin dokuda sıkılaşma değerleri üzerine etkisi.....	68
Tablo 3.16	Farklı dozlarda ışınlanan ve paketlenen pişirilmiş köftelerin 15 gün depolama süresi boyunca % olarak örnekleri beğenen panelistlerin oranı.....	69
Tablo A.1	2 ve 4 kGy dozla ışınlanan örneklerin dozimetre sonuçları.....	80
Tablo A.2	1.5 kGy dozla ışınlanan örneklerin dozimetre sonuçları.....	81
Tablo A.3	3 kGy dozla ışınlanan örneklerin dozimetre sonuçları.....	82
Tablo B.1	Farklı TEP konsantrasyonlarda hesaplanan ekstraksiyon katsayısı değerleri.....	82
Tablo C.1	Piştirilmemiş örnekler için kullanılan duyu analiz formu.....	83
Tablo C.2	Piştirilmiş örnekler için kullanılan duyu analiz formu.....	84
Tablo D.1	Hava atmosferi ile paketlenmiş 3 kGy dozla ışınlanmış $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün depolanmış örneğin GC kromatogramı.....	85
Tablo D.2	Hava atmosferi ile paketlenmiş 3 kGy dozla ışınlanmış 1. günde örneğin GC kromatogramı.....	85

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	: Işınlanmış ürünlerin ambalajında bulunması zorunlu olan ışınlama işleminin uygulandığını ifade eden Radura sembolü.....	17
Şekil 3.1	: Işınlama ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin depolama sırasında köftelerin TBARS değerlerine etkisi (M1: %0O ₂ +%0CO ₂ , M2: %0O ₂ +%50CO ₂ , M3: %5O ₂ +%0CO ₂ , M4: %5O ₂ +%50CO ₂ , M5: %21O ₂ +%50CO ₂ , A: %21O ₂ +%0CO ₂).....	44
Şekil 3.2	: Işınlama ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin depolama sırasında köftelerin a-değerlerine etkisi (M1: %0O ₂ +%0CO ₂ , M2: %0O ₂ +%50CO ₂ , M3: %5O ₂ +%0CO ₂ , M4: %5O ₂ +%50CO ₂ , M5: %21O ₂ +%50CO ₂ , A: %21O ₂ +%0CO ₂).....	46
Şekil 3.3	: Işınlama ve farklı gaz oranları içeren paketlemenin depolama sırasında köftelerin L-değerlerine etkisi (M1: %0O ₂ +%0CO ₂ , M2: %0O ₂ +%50CO ₂ , M3: %5O ₂ +%0CO ₂ , M4: %5O ₂ +%50CO ₂ , M5: %21O ₂ +%50CO ₂ , A: %21O ₂ +%0CO ₂).....	47
Şekil 3.4	: Işınlama dozu ve paketleme şeklinin (MAP: %3O ₂ +%50CO ₂ +%47N ₂ , A: %21O ₂ +%0CO ₂ +%79N ₂) 3±1°C’de depolama sırasında köftelerin TBARS değeri üzerine etkisi.....	54
Şekil 3.5	: Işınlama dozu ve paketleme şeklinin (MAP: %3O ₂ +%50CO ₂ +%47N ₂ , A: %21O ₂ +%0CO ₂ +%79N ₂) 3±1°C’de depolama sırasında köftelerin a-değerleri üzerine etkisi.....	56
Şekil 3.6	: Işınlama dozu ve paketleme şeklinin (MAP: %3O ₂ +%50CO ₂ +%47N ₂ , A: %21O ₂ +%0CO ₂ +%79N ₂) 3±1°C’de depolama sırasında köftelerin L-değerleri üzerine etkisi.....	57
Şekil 3.7	: Işınlama dozu ve paketleme şeklinin 3±1°C’de depolama sırasında köftelerin 19,812 dakikada gelen pikin alanı üzerine etkisi.....	59

MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEME VE IŞINLAMANIN PİŞİRMeye HAZIR KÖFTELERİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Tüketime hazır et ürünlerine olan tüketici taleplerinin artması ile bu ürünlerin üretimi hızla artmakta olup kalite ve güvenliğinin sağlanması önem kazanmıştır. Işınlama ve paketlemenin kombine kullanılması bu ürünlerin kalite ve güvenliğini sağlamada etkin bir yöntemdir. Bu çalışmada modifiye atmosferde ambalajlama ve ısınlama işlemlerinin pişirmeye hazır köftelerin kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada iki farklı deney planı tasarlanmıştır. İlk çalışmada laboratuvar ortamında hazırlanan köfteler farklı O_2 ve CO_2 kombinasyonları içeren gaz karışımlarıyla ($\%O_2 + \%CO_2$ olarak: 0+0, 0+50, 5+0, 5+50, 21+0, 21+50) paketlenerek 0, 2 ve 4 kGy dozlarda Co^{60} ile ısınlanmıştır. İkinci çalışmada; Laboratuvar ortamında hazırlanan köfteler hava atmosferi ve $\%3O_2 + \%50CO_2$ ile paketlenerek 0, 1.5 ve 3 kGy dozlarda ısınlanmıştır. Köftelerin TBARS, renk değerleri, duyuusal özelliklerindeki ve uçucu bileşenlerdeki değişimler $3 \pm 1^\circ C$ 'de depolama sırasında belirlenmiştir.

İlk çalışmada, ısınlamanın köftelerde oksidasyona neden olduğu ve buna bağlı olarak TBARS değerlerini artırdığı görülmüştür. Ambalaj içinde O_2 miktarı arttıkça ısınlama kaynaklı oksidasyonun arttığı bulunmuştur. Işınlama köftelerin a-değerini azaltmıştır. Oksijen miktarı arttıkça ısınlamanın a-değeri üzerine negatif etkisi artmıştır. Oksijen içermeyen ve farklı dozlarda ısınlanmış örneklerin a-değerlerinde depolama sırasında önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Köfte örneklerinde L-değerlerinde ısınlama veya MAP'ın önemli bir etkisi bulunmamıştır. Köfte örneklerinde uçucu bileşen analizi sonucunda, 12.18, 19.83, 26.26, 29.08, 30.04 dakikada gelen piklerin alanı üzerine ısınlama veya MAP'ın önemli bir etkisi bulunmamıştır.

İkinci çalışmada, ısınlama dozu arttıkça, depolama sırasında köftelerde TBARS değerleri artmıştır. Bu etkinin hava atmosferli paketlerde MAP'a göre daha fazla olduğu görülmüştür. Işınlama ile a-değerleri azalmıştır. MAP örneklerde a-değeri 21 gün sonunda 13 ten 9,5'a düşerken hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 5,5'e düşmüştür. Örneklerin L-değerleri ısınlama ve paketleme koşullarından etkilenmemiştir.

Işınlama sonucunda oluşan karakteristik koku ve renkteki değişim çiğ örneklerde panelistler tarafından önemli bulunmuştur. Bu etkinin hava atmosferli paketlerde MAP'a göre daha fazla olduğu görülmüştür. Pişirilmiş örneklerde yapılan duyuusal değerlendirmede ısınlama ile karakteristik kokunun artışı tespit edilmiştir. Işınlama ile pişirilmemiş ve pişirilmiş örneklerde baharat kokusu azalmıştır.

Köfte örneklerinde uçucu bileşen analizi sonucunda, 19,81 dakikada gelen pikin metildisülfür olduğu düşünülmektedir. Metildisülfür 19,40 dakikada gelmiştir. Işınlama ile pik alanı artmıştır. Modifiye atmosferde paketlenmiş örneklerin pik alanı hava atmosferi ile paketlenmiş örneklere göre önemli miktarda düşük bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda, ışınlama ile köftelerde yağ oksidasyonunun artışı ve a-değerlerinin azaldığı bulunmuştur. Oksijen varlığının yağ oksidasyonu ve renk değişimi üzerine etkisinin ışınlamanın etkisinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Oksijensiz veya düşük oksijen içeren modifiye atmosferde paketlenen ışınlanmış köfteler oksidasyon, renk ve duyusal kaliteyi soğuk depolama sırasında önemli ölçüde korumuştur. Anaerobik patojen riskini ortadan kaldırmak için ambalajlarda düşük O₂ bulunması önerilebilir. Bu nedenle yapılan çalışmalar sonucunda pişirmeye hazır köfteler için optimum ambalaj koşulları %3O₂+%50CO₂+%47N₂ şeklinde belirlenmiştir.

Sonuç olarak, %3O₂+%50CO₂+%47N₂ ve 3 kGy doza kadar ışınlama 21 günlük depolama sırasında fiziksel, kimyasal ve duyusal kalite parametrelerini korumuştur.

EFFECT OF DIFFERENT MODIFIED ATMOSPHERES AND IRRADIATION ON QUALITY OF READY-TO-COOK REFRIGERATED MEATBALLS

SUMMARY

There has been a significant increase in consumer demand for minimally processed ready-to-cook and ready-to-eat food products throughout the World. The safety and quality of these products has become important. The combine use of irradiation and modified atmosphere packaging can provide safety and quality of ready to cook meatballs. The objective of this research was to investigate the effects of different modified atmospheres and irradiation on quality of ready-to-cook refrigerated meatballs during storage.

In this study two different experiments was planned. In the first experiment the meatballs were packaged in gas mixtures containing different O₂ and CO₂ (%O₂+%CO₂ in the packages were: 0+0, 0+50, 5+0, 5+50, 21+0, 21+50) balanced with N₂. The packaged samples were irradiated at 0, 2 and 4 kGy doses at 9±2°C in ice boxes and stored at 3±1°C for 14 days. In the second experiment, the meatballs packaged in aerobic and %3O₂+%50CO₂ atmosphere conditions and irradiated at 0, 1,5 and 3 kGy doses. Lipid oxidation, color, volatiles compounds and sensory properties of ready-to-cook refrigerated meatballs during storage was investigated.

In the first experiment, irradiation resulted in oxidation in meatballs as assessed by increased TBARS values. The effect of irradiation increased with increased O₂ levels in the packages. Irradiation decreased a-values of the samples. The effect of irradiation on color increased with increased O₂ level. The packaging treatment with no O₂ maintained the initial a-values in the samples. a-values decreased with increased O₂ levels CO₂ had no effect on a-values. There was no significant change in L-values of meatballs upon irradiation or different packaging treatments. There was no significant change in volatiles which had retention time 12.18, 19.83, 26.26, 29.08, 30.04 minutes of meatballs upon irradiation or different packaging treatments.

In the second experiment, irradiation increased the TBARS values of meatballs in a dose-dependant manner. The rate of increase in TBARS values during storage period was greater in the aerobic packaging compare to MAP. Irradiation significantly decreased the a-values of samples. a-values in MAP samples decreased from 13 to 9,5 after 21 days while it decreased to about 5,5 in aerobic packages. L-values of meatballs were not affected by irradiation or packaging conditions.

The irradiation odor and color change of raw meatballs found important by panelists. The effect of irradiation on irradiation odor and color of raw meatballs were higher in aerobic packaging samples than MAP. In the sensory evolution made with cooked meatballs, irradiation odor increase with irradiation dose. The spicy aroma of raw and cooked meatballs decreased with irradiation. The results of volatile analysis,

peak had retention time 19,81 minute could be methyl disulfide according to standard compound. Peak area was increased by irradiation. The areas of samples that packages in MAP were lower than aerobic packaging samples. Compound that thought to be methyl disulfide has associated with the results of sensory evolution of raw meatballs.

In these studies, oxidation and color change of meatballs increased with irradiation. The presence of O₂ was more effective than irradiation dose in the development of lipid oxidation and color change in meatballs. Modified atmosphere packaging with low or no O₂ maintained the oxidative, color and sensory quality of irradiated meatballs significantly during refrigerated storage. When we concern the anaerobic pathogens risk in no oxygen packages, low oxygen packages can be recommended to use with irradiation dose up to 3kGy to control the quality parameters of meatballs. Irradiation up to 3 kGy had no adverse effect on chemical, physical, sensory quality of meatballs when packaged with %3O₂+%50CO₂ atmospheres during refrigerated storage.

GİRİŞ

Özellikle son yıllarda gıda kaynaklı zehirlenme ve enfeksiyonlarda büyük artış görülmesinin ardından birçok gelişmiş ülkeler (AB ve ABD) gıda güvenliği ve kalitesi alanlarındaki araştırmalara büyük yatırımlar yapmaktadırlar. Tüketicilerin yaşam biçimlerindeki değişiklikler (hızlı iş temposu, tüm aile fertlerinin çalışması, yemek hazırlama zamanının azalması vs) sonucu kullanıma veya tüketime hazır gıdalara yönelik taleplerde önemli artışlar olmuştur (Lee ve diğ., 2005; Wilcock ve diğ., 2004). Tüketicilerin gıdaların besleyici ve duyusal özelliklerine ilişkin beklentilerin de artması yeni gıda işleme ve muhafaza metotları ve bu metotların 'hurdle' yaklaşımı ile beraber kullanımı konusundaki araştırmaları hızlandırmıştır (Leistner ve Gorris, 1995).

Tüketime hazır et ürünlerinin raf ömürleri mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalardan dolayı oldukça kısadır. Ayrıca bu ürünler mikroorganizmalar için ideal bir ortam oluşturmakta ve bu ürünlerde bazı patojenik mikroorganizmalar (*E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) büyük risk teşkil etmektedir. Bu ve benzeri et ürünlerinden son zamanlarda çok sayıda gıda kaynaklı enfeksiyon vakaları ortaya çıkmıştır (Padhye ve Doyle, 1992; Cowden ve diğ., 2003; Frye ve diğ., 2002). Gerek katkı maddesi içermeyen gıdalara yönelik eğilimler, gerekse soğuk zincir uygulamasında sık karşılaşılan problemler sonucu ürünün yüksek sıcaklıklara maruz kalması sebeplerinden dolayı bu ürünlerin sağlıklı bir şekilde pazarlanabilmesi için gerekli raf ömür sağlanamamakta ve ürün mikrobiyal güvenlik açısından riskler taşımaktadır. Bu gıdaların gama ışınları ile muamele edilmesi patojen riskini etkin bir şekilde ortadan kaldırabilmektedir.

Etkin patojen inaktivasyonuna karşın ışınlama yöntemi gıdalarda istenmeyen değişikliklere de yol açabilmektedir. Bunlardan en önemlileri, et ürünlerinde proteinlerin parçalanması ve yağların oksidasyonuna bağlı kötü koku oluşumu ve renk değişimidir (Du ve diğ., 2002; Du ve diğ., 2000). Ortamdaki oksijen miktarı depolama sırasında ışınlanmış et ürünlerinde renk değişimi, yağ oksidasyonun ve kötü koku oluşumunu etkileyen en önemli parametredir (Ahn ve diğ., 1998; Jo ve

diğ., 1999; Kanatt ve diğ., 2005). Modifiye atmosferde ambalajlama (MAP) tekniğı ve ışınlamayı birlikte kullanılarak, ışınlamanın kimyasal ve fiziksel kalite üzerindeki negatif etkisi önlenebilir. Nitekim yapılan çalışmalarda MAP ile ışınlamanın beraber kullanımı çeşitli et ürünlerinde mikrobiyal aktiviteyi ve istenmeyen kimyasal reaksiyonları kontrol altına alarak raf ömrünü ve kaliteyi artırdığı gözlenmiştir (Lee ve diğ.,1996; Thakur ve Singh, 1995; Lee ve diğ., 2005). Bu iki tekniğin beraber kullanımı ve düşük sıcaklıkta depolama ile pişirmeye hazır köftelerin kimyasal katkı maddesi içermeyen uzun süre güvenli bir şekilde tüketicilere sunulabileceğı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, pişirmeye hazır köftelerin kimyasal koruyucu kullanmadan ışınlama ve modifiye atmosfer paketlemeyi birlikte kullanarak kimyasal, fiziksel ve duyusal kaliteyi sağlamaktır. Bu çalışmada farklı O₂ (%0–21) ve CO₂ (%0–50) konsantrasyonlarında paketleme ve farklı dozlarda (0-4kGy) gama ışınlamanın soğukta depolanan pişirmeye hazır köftelerde yağ oksidasyonu, renk, uçucu bileşenler ve duyusal kalite üzerine birlikte etkisi araştırılarak optimum ışınlama dozu ve paketleme koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

1.1 Tüketime Hazır Et Ürünleri

Tüketiciler değişen yaşam şartları gereği ve beslenme konusunda daha bilinçli olmaları hazırlaması kolay olan, besin değeri yüksek, güvenilir ve katı maddesi içermeyen gıdalar talep etmektedirler. Bu nedenle kullanıma hazır veya tüketime hazır gıdalara talep gün geçtikçe artmaktadır (Lee ve diğ., 2005).

Bu gıdalar genellikle geleneksel gıdalardan modellenmektedir. Tüketiciler, bu ürünlerin hazırlama zamanı azaltılmış geriye sadece pişirme işlemi kalmış, duyuşal özellikleri geleneksel ürünle aynı olmasını talep ederler (Murcia ve diğ., 2003). Ülkemizde tüketime veya kullanıma hazır et ürünleri kategorisinde pişirmeye hazır veya yarı pişmiş tavuk, hindi ve dana etinden yapılmış döner, köfte, kebab çeşitleri yer almaktadır. Bunların arasında her yöreye özgü değişik formülasyonlarla pişirmeye hazır köfteler (Adana, Urfa, İnegöl, Akçaabat, v.b) önemli bir yer tutmaktadır.

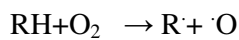
Tüketime hazır et ürünlerinin kalitesini yağ oksidasyonu, ürünün karakteristik rengi, duyuşal özellikleri, aroma ve tat maddeleri etkilemektedir.

1.1.1 Yağ oksidasyonu

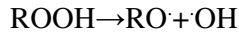
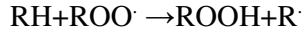
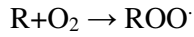
Yağ oksidasyonu, et ve et ürünlerinin kalite bozukluklarına neden olmaktadır. Yağ oksidasyonu ile birlikte etin renginde, tat ve kokusunda ve besleyici değeriinde değişiklikler meydana gelmektedir (Ajuyah ve diğ., 1993).

Reaksiyon, 3 fazdan oluşan otooksidasyon olarak adlandırılan ve serbest radikaller üzerinden yürüyen bir otokatalitik mekanizmadır.

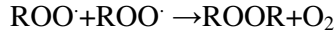
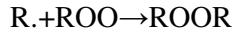
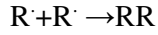
1. Başlangıç



2. Gelişme



3. Sonuç



Başlangıç aşamasında hidrojen doymamış yağ asidinden çıkarılır ve geriye serbest yağ radikali kalır ($R\cdot$) (Choe ve Min, 2006). Gelişme basamağında, oluşan hidroksi radikaller, oksijen varlığında yağ peroksi radikalini oluşturlar ve bir çoklu yağ asidi zincirinden kolaylıkla hidrojeni uzaklaştırıp yağ hidroperoksit radikali ve yeni bir serbest radikal oluşturur. Bu çeşit interaksiyonlar, iki serbest radikal bir araya gelerek sonlandırma basamağına geçmeden önce 10-100 kez gerçekleşir.

Yağ oksidasyonu sonucu et ürünlerinde, ransit koku oluşumuna neden olan ve duyuusal özellikleri etkileyen hidroperoksitler, serbest radikaller, endoperoksitler, malonaldehit, epoksitler, alkan, alken hidrokarbonlar, aldehit, alkol ve asitler gibi bilinen birincil ve ikincil reaksiyon ürünleri oluşur (Ajuyah ve diğ., 1993; Lee ve Ahn, 2003). Oluşan serbest radikaller aynı zamanda etteki heme pigmentlerle reaksiyona girerek et rengini değiştirirler (Cava et al., 2005).

Işık, O_2 konsantrasyonu, sıcaklık, anti- ve prooksidantların varlığı, yağ kompozisyonu, enzimler, fosfolipit miktarı gibi birçok faktör yağ oksidasyonunu etkilemektedir (Jacobsen ve Bertelsen, 2000). Etteki yağ içeriği, yağ oksidasyonu üzerinde önemli rol oynarken trigliseritler, fosfolipitlerle karşılaştırıldığında yağ oksidasyonu açısından 2. derecede önemli rol almaktadırlar ve fosfolipitlerin çoklu doymamış yağ asidi kısmı etteki oksidasyondan % 90 sorumlu olan bileşenlerdir (Ahn ve diğ., 1998).

Etlerde yağ oksidasyonu ile meydana gelen önemli tat ve koku değişikliği, ısıl işlem sonrası oluşan ve kısaca WOF (Warmed-Over Flavor) olarak tanımlanan oksidatif tat ve kokudur. İlk kez, pişmiş etlerin depolanması sırasında, oksidatif tat ve koku değişikliğinin hızla oluşması olarak tanımlanmıştır. Ayrıca kıyma haline getirilmiş ve uzun süre havayla temas etmiş taze etlerde de oluşmaktadır (Nielsen ve diğ., 1997).

Et ve et ürünlerinde yağ oksidasyonu ölçmek için kullanılan birçok analiz yöntemi mevcuttur. Bu kimyasal metotların bazıları peroksit değeri, Kreis test, toplam ve uçucu karbonil bileşikler, TBA test ve bazı fiziksel metotlar arasında da polarografi, infrared spektroskopisi, refraktometre, konjuge dien metodu gelir. Et ve et ürünlerinde birincil yağ oksidasyonu belirlemek için en çok kullanılan yöntemlerin prensibi fosfolipitlerin çoklu doymamış yağ asitlerindeki değişimlerin belirlenmesi ve peroksit değeriindeki değişimlerin tespitine dayanır. Genel olarak birincil reaksiyon değişimlerini incelemek yağ oksidasyonun sadece başlangıç aşamasının izlenmesi ile sınırlıdır. İkincil reaksiyon ürünlerini izlemek için en çok kullanılan yöntem olan tiyobarbitirik asit testinin temel olarak, ikincil bir reaksiyon ürünü olan malondialdehiti (MDA) ölçtüğüne inanılsa da artık malondialdehitin yağ oksidasyonu sonucu oluşan bileşiklerin küçük bir yüzdesini temsil ettiği kabul edilmektedir, bu yöntemde TBA ile diğer gıda bileşenleri reaksiyona girebilmektedir (Ajuyah ve diğ., 1993). TBA ile reaksiyona giren ama MDA olmayan bileşiklere TBARS (Tiyobarbitirik Asit Reaktif Maddeler) denir (Fernandez ve diğ., 1997). TBA yöntemi et ve et ürünlerinde kullanımı fazla, basit ve duyuşsal özelliklerle korelasyonu yüksek bir metottur (Nielsen ve diğ., 1997).

1.1.2 Renk

Et ürünlerinde renk müşteri kabulü açısından düşünöldüğünde en önemli kalite kriteridir. Et rengi genel olarak pigmentlerin (miyoglobin ve hemoglobin) konsantrasyonu ve kimyasal durumundan etkilenmektedir. Tüketiciler taze etlerde parlak kırmızı rengi, yeşil veya kahve renkli ete tercih ederler ve rengi etin tazeliğini gösteren indikatör olarak kullanırlar. Tüketicilerin % 74 ürün satın alırken rengin önemli olduğunu belirtmiştir (Nicolalde ve diğ., 2006).

Et rengini miyoglobin, kan rengini ise hemoglobin verir. Taze kesilmiş hayvan etinin rengi içerdii miyoglobinden kaynaklanır. Etin rengine hemoglobinin etkisi çok azdır. Miyoglobinin molekül ağırlığı 17.000 olup, primer ve sekonder yapısı olan bir peptid zincirinden ibarettir. Miyoglobin ve hemoglobin birbirine benzer yapıdadır. İki önemli bölümden meydana gelmişlerdir. Birinci kısım sarkoplazmik bir protein olan globin, ikinci kısım ise Fe^{+2} atomu taşıyan hem moleküldür. Taze etin rengi, bileşimindeki miyoglobin (Mb), oksimiyoglobin (MbO_2) ve metmiyoglobin (MMb^{+}) miktarına bağlıdır. O_2 yokluğunda pigment mor-kırmızı deoksi veya indirgen miyoglobin formundadır. Havaya maruz kaldığında pigment oksijenasyon ile parlak

kırmızı rengi veren oksimiyoglobine okside olur. Deoksimiyoglobin veya oksimiyoglobin oksijenle reaksiyona girerek kahverengi oluşturan metmiyoglobine dönüşür. Tüketiciler metmiyoglobin oluşumunu kalite kaybı olarak algılar (Insausti ve diğ., 1999; Renner, 1990). Taze etlerde rengi stabilize etmek için yüksek O₂ ortamlarda paketlenir. Pişirmeye hazır köftelerin rengi sığır kıyması ve baharat karışımından gelmektedir. Taze et renginden farklıdır.

Gıdalarda renk uluslararası kabul edilmiş terimlerle ifade edilmektedir. CIA, Hunter, Munsell sistemi gibi gıdalarda rengi matematiksel olarak tanımlamak için birçok sistem geliştirilmiştir. Hunter sistemde renk, L (açıklık-koyuluk: 0 siyahlık, 100 ise beyazlıktır), a (+a:kırmızılık, -a:yeşillik) ve b terimleri (+b:sarıklık, -b:mavilik) ile ifade edilir (Mancini ve Hunt, 2005).

1.1.3 Uçucu aroma maddeleri

Aroma bileşenleri taze ve işlenmiş gıda maddelerinin en önemli kalite kriterlerinden biridir. Kompleks gıda matrislerinde genellikle düşük konsantrasyonlarında bulunurlar. Et ve et ürünlerinin tat ve kokuları, alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler, benzol bileşikleri, furanlar ve laktonlar gibi uçucu özellik gösteren çok sayıda bileşik tarafından oluşturulmaktadır. Tüketiciler etin kalitesini belirlerken tat ve koku maddelerine göre karar verirler. Taze ette tat ve koku maddeleri henüz yeteri kadar gelişmemiş olup, et kan kokmaktadır. Çiğ et metalik, kanımsı, serum benzeri tatlı ve hafif tuzlu bir tada sahiptir. Genetik faktörler ile çevre faktörleri etteki tat ve kokuyu etkilemektedir. Bu faktörler arasında diyet ve hayvanın yağ kompozisyonu tat ve koku maddelerin oluşmasında en önemli faktörlerdendir (Soncin ve diğ., 2004).

Taze etlerin, fermente et ürünlerinin, kuru kürlenmiş et ürünlerinin ve pişmiş etlerin karakteristik aroması uçucu olmayan bileşenler ve uçucu olan bileşenlerin kendi aralarında ve proteinler ve yağlarla reaksiyonundan kaynaklanmaktadır (Soncin ve diğ., 2004).

Karakteristik tat ve koku ete uygulanan ısı işleme yani pişirilmesine bağlı olarak gelişmektedir. Bu durumda, uçucu olmayan bazı bileşikler arasında kimyasal reaksiyonlar meydana gelmekte ve bu reaksiyonlara bağlı olarak uçucu tat ve koku bileşenleri oluşmaktadır (Jensen ve diğ., 2002). Pişirmeye hazır köftelerin kokusu taze sığır kıyması ve baharat karışımının aromalarından kaynaklanmaktadır.

Vakum distilasyonu, purge ve trap, tepe boşluğu analizleri ve katı faz mikroekstraksiyon (SPME) gibi gıdalardan uçucuları izole etmek için birçok metot geliştirilmiştir, SPME tekniği pahalı olmayan, kolay, hızlı, çözücü gerektirmeyen, hassas ve seçici bir yöntemdir. İlaveten SPME ılımlı sıcaklıklarda (<50°C) çalışmaya imkân verir. SPME, bir adsorpsiyon ve desorpsiyon tekniğidir. Bu teknik, belirli organik bileşenlerin sıvı ya da katı örneklerden doğrudan veya kapalı bir ortamdaki (katı-yarı katı-sıvı) örneklerin tepe boşluğundan sabit faz ile kapalı bir fuse silika fiber üzerine adsorpsiyonuna dayanmaktadır. Genellikle 2-30 dakikalık bir süre sonunda dengeye ulaşıldığında absorbe veya adsorbe edilen bileşenleri içeren fiber örnekten uzaklaştırılır. Bu bileşenler bir Gaz Kromatografisi (GC)-enjektör portunda termal desorpsiyon işlemi ile geri alınarak uygun kolon ve dedektör ile analiz edilir (Pawliszyn, 2001; Esteban ve diğ., 2004; Holt, 2001).

SPME cihazı, dış yüzeyi polimerik sabit faz ile kaplı 1cm uzunluğunda fuse silika fiber ve fiberin içinde bulunduğu paslanmaz çelik bir tüp içeren mikro şırınga görünümünde bir alettir. Bu şırınga örneğin bulunduğu vialin septumuna daldırılır ve daha sonra şırınga yardımıyla 1cm uzunluğundaki fiber uç tepe boşluğuna itilir. Belirli bir süre sonunda örnek içinde, tepe boşluğunda ve fiber üzerinde bulunan uçucu bileşenlerin konsantrasyonları arasında bir denge kurulur (Pawliszyn, 2001; Esteban ve diğ., 2004; Holt, 2001). Uçucu bileşenlerin örnek/tepe boşluğu/fiber arasındaki dağılımı örnek matriksi, örneğin yağ içeriği, tuz konsantrasyonu, pH'sı, istenmeyen bazı bileşenlerin bulunması, uçucu bileşenlerin polaritesi ve uçuculuğu, örnek ve tepe boşluğu hacimleri, örneğin çalkalanması ya da karıştırılması, örneğin sıcaklığı ve fiber seçiciliği gibi birçok faktöre bağlıdır (Matich, 1999). Fiber sabit fazın küçük hacminden dolayı (yaklaşık 1µ), uçucu bileşenler pek çok durumda sadece kısmı olarak ekstrakte edilebilmektedir (Holt 2001). Fiber tarafından ekstrakte edilen uçucu bileşen miktarı fiber üzerine kaplanan polimerin kalınlığına ve uçucu bileşenin denge sabitine bağlıdır. Ekstraksiyon süresi, en yüksek denge sabitlerine sahip uçucu bileşenlerin kesin ekstraksiyonu için gerekli olan süre tarafından belirlenmektedir. Denge sabiti genellikle bir uçucu bileşenin molekül ağırlığı ve kaynama noktası yükseldikçe artmaktadır (Anon., 1999).

Fiber üzerindeki sabit faz uçucu, yarı uçucu veya uçucu olmayan bileşenleri farklı matrislerinde ekstrakte edebilir. SPME'nin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için öncelikle hedef bileşenin kimyasal yapısına uygun bir fiber sabit fazının seçilmesi

gerekir. Fiber sabit fazının etkinliği hedef bileşenin molekül ağırlığı, büyüklüğü, kaynama noktası, buhar basıncı hedef bileşenin ve fiberin polaritesi, hedef bileşen ve fiber üzerindeki fonksiyonel gruplar, fiberin ekstraksiyon mekanizması gibi faktörlere bağılıdır. Örneğin apolar fiberler hidrokarbonlar gibi apolar bileşenlerin, polar fiberler ise asitler, alkoller, fenoller ve aldehitler gibi polar bileşenlerin ekstraksiyonunda daha etkindiler (Mani 1999; Matich 1999). Ticari olarak bulunan farklı tipteki polimerik fazlarla kaplanmış fiberler polaritelerine göre apolar, bipolar veya polar olarak sınıflandırılabilirler (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Ticari Olarak Bulunan SPME Fiberleri ve Özellikleri (Mani 1999; Shirey ve Mindrup 1999; Anon, 2000)

Fiber Sabit Fazları	Polaritesi	Uygun Analitler	Mak.Sıc.(°C)
7 µm PDMS (polimethylsiloxane)	Apolar	Yüksek molekül ağırlıklı bileşikler	340
30 µm PDMS	Apolar	Yarı uçucu bileşenler	280
100 µm PDMS	Apolar	Uçucular	280
65 µm PDMS/DVB (divinilbenzen)	Bipolar	Uçucular, aminler ve nitro aromatik bileşikler	270
85 µm Carboxen/PDMS	Bipolar	Gazlar ve düşük moleküler ağırlıklı bileşikler	320
50/30µm DVB/Carboxen™ -PDMS	Bipolar	Uçucu ve yarı uçucu lezzet maddeleri	270
65 µm CW(carbowax)/DVB	Polar	Alkoller ve polar bileşikler	265
85 µm PA (poliakrilat)	Polar	Yarı uçucular	320

1.1.4 Duyusal özellikler

Bir gıdanın duyusal özellikleri (görünüş, doku, kıvamlılık, sertlik, tat, koku/aroma, v.b) gıdanın raf ömrünü ve tüketici kabulünü etkileyen önemli parametrelerden biridir. Görünüş özelliği bir gıdanın algılanmasında ilk kademedir. Gıdanın tüketici tarafından satın alma ve tüketme kararı vermesinde en önemli çoğu kez tek özelliktir.

Piyasada mevcut bulunan bir ürünün prosesinde veya herhangi bir bileşeninde değişikliğe gidildiğinde bu değişiklik ancak tüketiciler tarafından kabul edildiğinde başarılı bir şekilde uygulanabilir. Yada yeni bir ürün geliştirildiğinde bu ürünün geniş bir tüketici kitlesi tarafından kabul edildiğinde başarılıdır (Meilgaard ve Ceville., 1999; Hoban, T.J., 1998).

Gıdalarda temel olarak uygulanan duyu analizi teknikleri tüketici testleri, farklılık testleri ve tanımlayıcı testlerdir. Tüketici testleri, bir ürünle ilgili fikrin veya özgün olarak bir ürünün karakteristiklerinin potansiyel müşteriler tarafından kişisel yanıtları ile değerlendirilmesi olarak tanımlanabilir. Farklılık testleri örnekler arasındaki farklılığı belirler. Panelistin kişisel beğenisi veya örneği beğenmemesi yanıtı etkilemez. Tüm izlenim farklılık testleri ve özellik farklılık testleri olmak üzere iki gruba ayrılır. Tüm izlenim farklılık testlerinde, örnekler arasında duyu bir farklılık olup olmadığı belirlenir (üçgen test, ikili-üçlü test). Özellik farklılık testlerinde ise herhangi bir özelliğin örnekler arasında nasıl farklı olduğu araştırılır. Panelistler tek bir özelliği konsantre olur ve diğer özellikleri ihmal eder (eşli kıyaslama ve sıralama, büyüklüğe göre derecelendirme gibi diğer çoklu karşılaştırma testleri). Tanımlayıcı testler farklılığın şiddetini ve yapısını belirler. Eğitilmiş panel kullanılarak bir ürünün duyu özelliklerinin kalitatif ve kantitatif olarak tespiti ve tanımlanmasıdır. Lezzet ve doku profili, en yaygın kullanılan tanımlayıcı analiz yöntemleridir (Meilgaard ve Ceville, 1999).

1.2 Muhafaza Teknikleri

Gıdaların sağlıklı ve güvenli olması, kayıpların azaltılması ve uzun süre muhafazasının gerçekleştirilebilmesi için uygun koşullar sağlanmalıdır. Gıda endüstrisi ve hükümet birimleri gıdaların daha sağlıklı olması için tüketicileri bilinçlendirme, tavuk ve deniz ürünleri için denetleme sisteminin geliştirilmesi, gıdalardaki patojen kontaminasyonunu azaltmak için yeni ve alternatif teknolojiler arama çabasına girmişlerdir. Bu konudaki etkili yöntemlerden birisi olan ışınlama tüketicilere daha güvenli gıdalar sunabilmektedir (Morrison ve diğ., 1997). Işınlama işlemi gıdalara paketlenmeden sonra yapılabileceğinden ve birçok patojenin ışınlamaya karşı duyarlı olmasından dolayı gıda güvenliğini sağlamada etkin bir uygulamadır (Thayer, 1990). Etkin patojen inaktivasyonuna karşı ışınlama yöntemi gıdalarda istenmeyen değişikliklere de yol açabilmektedir. Bunlardan en önemlileri, et ürünlerinde proteinlerin parçalanması ve yağların oksidasyonuna bağlı kötü koku oluşumu ve renk değişimidir (Du ve diğ., 2002; Du ve diğ., 2000).

Ortamdaki oksijen miktarı depolama sırasında ışınlanmış et ürünlerinde renk değişimi, yağ oksidasyonun ve kötü koku oluşumunu etkileyen en önemli

parametredir (Ahn ve diğ., 1998; Jo ve diğ., 1999; Kanatt ve diğ., 2005). Modifiye atmosferde ambalajlama (MAP) tekniğı ve ışınlama kombine kullanılarak, ışınlamanın kimyasal ve fiziksel kalite üzerindeki negatif etkisi önlenabilir. Nitekim yapılan çalışmalarda MAP ile ışınlamanın beraber kullanımı çeşitli et ürünlerinde mikrobiyal aktiviteyi ve istenmeyen kimyasal reaksiyonları kontrol altına alarak raf ömrünü ve kaliteyi artırdığı gözlenmiştir (Lee ve diğ.,1996; Thakur ve Singh, 1995; Lee ve diğ., 2005). Bu iki tekniğin beraber kullanımı ve düşük sıcaklıkta depolama ile pişirmeye hazır köftelerin kimyasal katkı maddesi içermeden uzun süre güvenli bir şekilde tüketicilere sunulabileceğı düşünülmektedir.

1.2.1 Işınlama

Gıda sanayinde gıdaların, gerek depolama ve gerekse tüketiciye ulaşana kadar geçen zaman aralığında fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelebilecek olumsuz değışikliklerin önüne geçilebilmesi için birçok gıda muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler ısı ve ısı olmayan işlemler olarak iki farklı grupta düşünülebilir. Gıda ışınlamada ısı olmayan bir gıda muhafaza işlemi olup, ısı işlemlerdeki (pastörizasyon, sterilizasyon, pişirme v.b) yüksek sıcaklıktan kaynaklanan olumsuzlukların ortadan kaldırılması açısından alternatif bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Lacroix ve Ouattara, 2000).

Gıda ışınlamanın tarihi 1895’de Roentgen’in X ışınlarını keşfetmesi ve 1896’da Becquerel’in radyoaktiviteyi bulmasına kadar uzanır. Bu keşiflerle beraber iynize edici ışınların canlı organizmalar üzerine etkisi konusunda büyük bir artış olmuş ve bu konudaki ilk patent 1905 yılında alınmıştır. 1609 NO’lu bu İngiliz patenti; gıdaların radyo aktif kaynaklarca üretilmiş gama ışınlarına tabi tutuldukları takdirde kimyasal katkılara gerek kalmadan uzun süre yüksek kalitede saklanabileceklerini iddia ediyordu. Işınlama teknolojisinin et ürünlerinde mikroorganizmaların öldürülebileceğı ilk defa 1921 yılında domuz etinde *trichinae* adlı parazitin öldürülebileceğı rapor edilmesiyle ortaya çıkmıştır. 1955 yılında, Amerikan ordusu sağlık bölümü, gıdaların güvenliğini saptamak amacıyla teknolojinin kullanılmasıyla ilgilenmeye başlamıştır. 1980 yılında, Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO), Uluslararası Atomik Enerji Ajansı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü, gıdalarda 10 kGy doza kadar ışınlamanın toksikolojik, beslenme ve mikrobiyolojik açıdan bir zararı olmadığını belirtmişlerdir (Brewer, 2004).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ışınlamayı kısaca, gıdaların daha önceden belirlenmiş radyasyon enerjisine maruz bırakılması olarak tanımlar. Bu enerjinin kaynağı Kobalt⁶⁰ ve Sezyum¹³⁷ olabileceği gibi elektron hızlandırıcıları ve X ışınları da olabilir (Manuel ve Lagunas, 1995).

1.2.1.1 Işınlama kaynakları

Radyasyon enerjisi boşluktan veya madde içersinden geçebilen enerjidir. Bazı maddelerin atomları sürekli parçalanırlar ve bu reaksiyonlar sırasında çevreye iyonize ışınlar yayarlar. Bu şekilde parçalanarak çevreye iyonize ışın yayan maddelere radyo aktif maddeler denir. Uranyum gibi doğal olarak radyo aktif olan maddelerin dışında çeşitli işlemlerle yapay olarak radyo aktif hale getirilen Kobalt⁶⁰ (Co⁶⁰) ve Sezyum¹³⁷ (Cs¹³⁷) gibi maddeler de vardır. Radyo aktif izotoplar zamanla aktivitelerini kaybederler. Her radyo izotop için spesifik olan bir yarılanma ömrü vardır. Yarılanma ömrü Co⁶⁰ için 5,3 yıl ve Cs¹³⁷ için 30 yıldır (Vural ve Aksu, 2003).

Gıda ışınlamada, ışınlama kaynağı olarak gama ışınları, X-ışınları ve hızlandırılmış elektronlar kullanılmaktadır. Bu üç kaynaktan gama ışınları, Co⁶⁰ ve Cs¹³⁷ izotopları en fazla kullanılan kaynaklardır (Blank ve Cumming, 2001). Co⁶⁰ nükleer reaktörlerde doğal olarak bulunabilen Co⁵⁹'un nötron bombardımanı sonucu oluşur. Cs¹³⁷ ise nükleer reaktörlerde kullanılmış yakıt çubuklarının tekrar işlenmesiyle elde edilmekte olup genellikle silah teknolojisi ile ilgili alanlarda kullanılmıştır (Manuel ve Lagunas, 1995).

Co⁶⁰ kaynaklı gama ışınları, Cs¹³⁷'e göre daha kolay bulunabildiği hem de elektron hızlandırıcılara göre penaterasyon özelliğinin daha iyi olması nedeniyle endüstride tercih edilmektedir. Bu sistemin dezavantajı ise sürekli bir radyoaktif kaynak olması dolayısıyla X ışınları gibi açılıp kapanamamasıdır. Ayrıca daha kısa yarılanma ömrüne sahip olması dolayısıyla kaynak zamanla tükenmekte ve yenileme gerekliliği bulunmaktadır (Gezgin ve Güneş, 2003). Birim zamanda absorbe edilen enerjiye doz hızı (dose rate) denir. Gama ışınlama kaynakları, elektron hızlandırıcılarına göre daha düşük doz hızına sahiptirler. Bu nedenle gama ışınlanacak ürün istenen dozu absorbe edebilmek için daha uzun süre ışınlamaya maruz kalır. Elektron hızlandırıcıların etkili penaterasyon aralığı enerji seviyesine bağlıdır. Ayrıca gama

ışınlarına göre penaterasyon derinliği daha düşüktür, bir yönden ışınladığı zaman 5 cm iki yönden ışınladığı zaman 10 cm dir (Blank ve Cumming, 2001).

1.2.1.2 Işınlamanın etki mekanizması ve kullanım alanları

Işınlamanın etkisi doğrudan ve dolaylı etki olmak üzere iki mekanizma ile açıklanır. Doğrudan etkide yüksek enerjili ışınlar, mikroorganizmaların DNA'sı ile, enzimlerle ya da kritik bileşiklerle etkileşerek moleküllerin yapısındaki kimyasal bağların kırılmasına yol açarak bir takım serbest radikallerin oluşmasına veya moleküllerin parçalanmasına neden olur. Dolaylı etkide ise, yüksek enerjili bu ışınların etkisi ile açığa çıkan reaktif bileşkerlerin gıdada değişik bileşenlerle reaksiyona girmesi olarak belirtilebilir (Gezgin ve Güneş, 2003).

Işınlama tekniği, gıdalara birçok farklı amaçla uygulanabilmektedir. Başlıca uygulamalar ise; beyaz ve kırmızı et, balık ve baharatlarda hijyenik kalite ve dayanma süresinin yükseltilmesi, meyve ve tahıl gibi tarım ürünlerinde böceklerle mücadele, patates ve soğan gibi ürünlerde filizlenmenin engellenmesi, hasat sonrasında meyvelerin olgunlaşma sürelerinin uzatılması dolayısıyla daha uzun süre saklanabilmelerinin sağlanması ve soğutmaya gerek duyulmadan uzun süre dayanabilen, ışınlatarak sterilizasyonu sağlanmış gıdaların üretilmesi olarak sıralanabilir. Günümüzde et ve tavuk ürünleri için daha çok ısıl prosesler tercih edilmekte, fakat bu yöntemler ürünün ısıl merkezinde ve ürün boyunca gerekli sıcaklıklara çıkılamadığından mikrobiyal riskler konusunda gerekli güvenliği sağlayamamaktadır. Oysa ışınlamada homojen bir nüfuz söz konusu olduğundan bu risk ortadan kalkmaktadır (Gezgin ve Güneş, 2003).

Gıda ışınlama uygulamaları esas olarak üç grup altında toplanmaktadır.

Radurizasyon: Gıdalarda bozulma yapıcı mikroorganizmaları kabul edilebilir düzeye indirmek, gıdada kalite ve raf ömrünü artırmak için kullanılmaktadır. Taze et, meyve ve sebzeler için 0.75-2.5 kGy arasındaki ışın dozları yeterlidir. Radurizasyon taze ve kurutulmuş meyve ve sebzeler, derisi yüzülmüş tavuk karkasları, kıyma ve gıda katkıları gibi ürünlerde uygulanmakta ve raf ömrünü de önemli ölçüde artırmaktadır (Vural ve Aksu, 2003).

Radisidasyon: Vejetatif bakterilerin (virüsler hariç) ve parazitlerin sayılarını azaltarak hijyenik kaliteyi sağlamak amaçlanmaktadır. Bu uygulama ile bilinen standart yöntemlerle patojenlerin varlığına rastlanılmamaktadır. Tipik ışınlama dozu 2.5-10.0 kGy'dir (Vural ve Aksu, 2003).

Radapperdizasyon: Işınlama ile sterilizasyon olarak da adlandırılabilen bu uygulama gıdalardaki tüm mikroorganizmalar yok etmek amaçlanmaktadır. İhtiyaç duyulan doz 25.0-45.0 kGy'dir. Ancak uygulanan yüksek doz uygulaması nedeniyle ürünlerde renk ve koku gibi duyuşal özelliklerde istenmeyen değışiklikler oluşacağından yüksek doz ışınlama yerine, ışınlamanın soğutma, dondurma ve ısıtma gibi yöntemlerle kombine bir şekilde uygulanması önerilmektedir (Vural ve Aksu, 2003).

Gıdaların ışınlamasında uygulanacak doz, ışınlanacak gıdanın bileşenine (nem, yağ, protein, karbonhidrat), ışınlama süresindeki gıdanın ve ortamın koşulluna (sıcaklık ve O₂ olmak üzere atmosfer bileşenlerine), ışınlama hızına ve spesifik patojene göre değışecektir. Genellikle kuru ya da az nemli gıdalara uygulanacak ışınlama dozu taze ve su içeriğı düşük gıdalara göre daha fazladır. Örneğın, meyve ve sebzelerde yaklaşık %80-95 oranında su ve hücre boşluklarında toplam hacmin ortalama %20'si kadar oksijen bulunduğundan, büyük miktarda su ve O₂ bazlı serbest radikal oluşur dolayısıyla ışınlamanın etkinliğı artar. (Kader, 1986; Tauxe, 2001).

Mikroorganizmaların radyasyona karşı olan dirençleri radyasyon dozuna, mikroorganizmanın cinsine, spor veya vejetatif formda oluşuna, ortamın bileşimine ve sıcaklığına göre değışir. Daha geniş DNA moleküllerine sahip olan kompleks yaşam formları daha düşük dozlardan, daha düşük DNA molekülüne sahip basit yaşam formları ise yüksek dozlardan etkilenirler.

Yani, 0,1 kGy den düşük dozlar böcek ve parazitleri öldürüp, bitkilerin filizlenmesini engelleyebilirken, 1,5-4,5 kGy arası orta dozlar bir çok bakteriyel patojenleri inaktif edebilmektedir. 10-45 kGy dozlar ise bakteriyel sporları ve bazı virüsleri inaktif edecektir (Tauxe, 2001).

Işınlamada etken olan faktörlerden biri de gıdaların ambalajlı veya ambalajsız oluşudur. Işınlamadan önce gıdaların ambalajlanması ve daha sonrada işleme tabi tutulması o gıdada meydana gelebilecek kontaminasyonu önlemekte, ayrıca patojenleri yok ederek mikroorganizma düzeyinin önemli derecede azalmasına

katkıda bulunmaktadır. Mutlaka kullanımına onay verilen ambalaj materyali seçilmelidir. Çünkü ışınlama prosesinden sonra üründe istenmeyen özellikler ortaya çıkabilmektedir (Olson, 1998).

1.2.1.3 Işınlama işlemi ile ilgili yasal düzenlemeler

Işınlama işlemi ile ilgili olarak günümüze kadar çeşitli yönetmelikler ve yasal bir takım düzenlemeler yapılmıştır. 1980 yılında ışınlanmış gıdaların sağlığa etkisi konusunda çalışan uzmanlar komitesi JECFI (Gıda Tarım teşkilatı (FAO), Uluslar arası atom enerji kurumu (IAEA), Dünya Sağlık Örgütü (WHO)) tarafından yapılan araştırmalar sonucunda 10 kGy dozda ışınlanmış gıdaların kullanımına izin verildiği belirtilmektedir. 1981de FAO, IAEA ve WHO ışınlamanın kullanımını onaylamıştır (Ouattora ve diğ., 2002b; Lacroix ve Quattara, 2000).

Gıda ışınlama işleminin kullanımı, aralarında A.B.D, Fransa, Kanada, İngiltere gibi birçok ülkede çeşitli ürünler için onaylanmıştır (Tablo 1.2) (Kaeri, 2002). Belirtilen ülkelere ilave olarak ışınlama prosesinin onaylandığı ülkeler arasında Hırvatistan, Rusya Federasyonu, Ukrayna ve ülkemiz Türkiye de bulunmaktadır.

Tablo 1.2: Işınlamanın onaylandığı ülkelere bazıları ve onaylanan ürün sayısı (Kaeri, 2002)

Ülkeler	Onaylanan ürün sayısı	Ülkeler	Onaylanan ürün sayısı
A.B.D	55	İsrail	42
Arjantin	10	İtalya	2
Bangladeş	19	Japonya	1
Belçika	10	Kanada	7
Birleşik Krallık	51	Kore	13
Brezilya	16	Küba	3
Bulgaristan	18	Macaristan	13
Çek Cumhuriyeti	3	Meksika	8
Çin	22	Norveç	3
Danimarka	2	Pakistan	4
Endonezya	7	Polonya	6
Filipinler	3	Suriye	16
Finlandiya	2	Şili	18
Fransa	38	Tayland	26
Güney Afrika	80	Tayvan	14
Hindistan	4	Uruguay	1
Hollanda	20	Vietnam	5
İran	1	Yugoslavya	23

Her gıda grubunda farklı amaçlar için kullanılabilecek doz aralıkları standartlarla belirtilmiştir. Bu sınır değeri tamamen gıdanın kalitesi ile ilgilidir (Gezgin ve Güneş, 2003). Yani steril ürün elde etme amacıyla bu dozların aşılması durumunda ışınlama işlemi gıdalarda kalite düşüşüne sebep olabilmekte ve böylece gıdanın pazarlanması ve tüketiciler tarafından organoleptik olarak kabul edilebilirliği olumsuz yönde etkilenmektedir (Tritsch, 2000). Tablo 1.3 FDA'nın belirlediği sınırlar yer almaktadır.

Tablo 1.3: A.B.D'de FDA tarafından izin verilen ışınlama dozları (Olson, 1998)

Ürün	Doz(kGy)	Amaç	Tarih
Buğday, buğday unu	0.2-0.5	Böceklerle mücadele	1963
Patates	0.05-0.15	Filizlenmeyi önleme	1964
Domuz eti	0.3-0.1	<i>Trichinella spirallis</i> kontrolü	22.7.1985
Enzimler (kurutulmuş)	En fazla 10	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Meyveler	En fazla 1	Böceklerle mücadele ve olgunlaştırmayı geciktirme	18.4.1986
Taze sebzeler	En fazla 1	Böceklerle mücadele	18.4.1986
Otlar	En fazla 30	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Baharatlar	En fazla 30	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Sebze kaynaklı çeşniler	En fazla 30	Mikrobiyal kontrol	18.4.1986
Taze veya donmuş kümes hayvanları	En fazla 3	Mikrobiyal kontrol	2.5.1990
Donmuş ve paketlenmiş etler*	En az 44	Sterilizasyon	8.3.1995
Hayvan yemleri	2-25	<i>Salmonella</i> kontrolü	28.9.1995
Soğutulmuş çiğ etler	En fazla 4.5	Mikrobiyal kontrol	2.12.1997
Dondurulmuş çiğ etler	En fazla 7	Mikrobiyal kontrol	2.12.1997

* Sadece NASA uzay programı için

Türk Gıda Işınlama Yönetmeliği, ilk olarak 6 Kasım 1999'da Resmi Gazete'de yayınlanmış ve ilk değişiklik 15 Ekim 2002'de gerçekleştirilmiştir. Yönetmelik tabloda belirtilen doz sınırlamalarına ek olarak (Tablo 1.4); gıda maddelerinin ışınlanmasındaki esas ve usulleri, gıda ışınlama tesislerinin kuruluşları ve ışınlanmış gıdaların tüketimine ilişkin; lisans, izin, tescil, istihdam, kontrol, denetim, ithalat ve ihracata dair esas ve usulleri içermektedir. 2002'de yapılan değişiklik uyarınca yönetmeliğin, tıbbi gözetim altındaki steril gıdaya ihtiyaç duyan hastalar için hazırlanan gıdaları kapsamadığı özellikle belirtilmiştir (Anonim, 2002).

Tablo 1.4: Türk Gıda Kodeksi Işınlama Yönetmeliği'ne göre gıda gruplarında belirli teknolojik amaçlara göre uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları (Anonim, 2002)

GIDA GRUBU	AMAÇ	DOZ (kGy)	
		Min.	Maks.
Grup1-Soğanlar, kökler ve yumrular	Depolama sırasında filizlenme, çimlenme ve tomurcuklanmayı önlemek		0,2
Grup 2- Taze meyve ve sebzeler (Grup 1'in dışındakiler)	a)Olgunlaşmayı geciktirmek b)Böceklenmeyi önlemek c)Raf ömrünü uzatmak d) Karantina kontrolü	(X)	1,0 1,0 2,5 1,0
Grup3-Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri,kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, baklagiller,kurutulmuş sebzeler ve kurutulmuş meyveler	a)Böceklenmeyi önlemek b)Mikroorganizmaları azaltmak c)Raf ömrünü uzatmak		1,0 5,0 5,0
Grup 4- Çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b)Raf ömrünü uzatmak c)Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(X) (XX)	5,0 3,0 2,0
Grup 5- Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş)	a)Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b)Raf ömrünü uzatmak c)Paraziter enfeksiyonların kontrolü	(X) (XX)	7,0 3,0 3,0
Grup 6- Kuru sebzeler, baharatlar, kuru otlar, çesniler ve bitkisel çaylar	a) Bazı patojenik mikroorganizmaları azaltmak b) Böceklenmeyi önlemek	(X)	10(XX X) 1,0
Grup 7- Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	a)Böceklenmeyi önlemek b)Küflerin kontrolü		1,0 3,0
(X) Minimum doz düzeyi belli bir Zaralı organizma için belirlenebilir. (XX) Minimum doz düzeyi gıdanın hijyenik kalitesini temin edecek düzeyde belirlenebilir. (XXX) 10 kGy'nin üzerindeki maksimum doz düzeyleri, gıdanın tümündeki minimum ve maksimum doz ortalaması 10kGy'i aşmayacak şekilde uygulanır.			

Türkiye'de biri ticari diğeri daha çok araştırma amaçlı olarak çalışan iki adet ışınlama tesisi bulunmaktadır. Ticari olarak çalışan tesis Çerkezköy'de 1994 yılında kurulmuştur ve kaynak olarak 101 PBq (3.000.000 Ci) kapasiteli, metal şeklinde çift kapsüllü Co⁶⁰ radyoaktif kaynak kalemleri kullanmaktadır (Anonim, 2007). Bu firma, tıbbi malzeme ve gıda ışınlama alanlarında faaliyet gösterirken (Anonim, 2007), daha çok araştırma amaçlı olarak kurulan diğeri tesis Ankara'daki TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) bünyesindedir.

Araştırmacılar ısıtılmış gıdaların market alışveriş merkezlerine sokularak tüketiciye bu konuda bilgi verilmesi gerektiğine ve tüketicilerin bilinçlenmesiyle birlikte, bu tip ürünlerin tercih edilmesinin zamanla artacağını ileri sürmektedirler. Çünkü tüketicinin ısıtılmış gıdalar hakkındaki olumlu veya olumsuz görüşü, onlara bu gıdaları seçme ve satın alma fırsatı verildiği zaman ortaya çıkmaktadır. Tüketicinin ısıtılmanın gıda kalite özelliklerinde olumlu değişiklikleri, ancak kendisinin bu tip gıdaları (ısıtılmış gıda) kullanarak fark edebileceği belirtilmiştir (Loaharonu, 1994; Crawford 1998).

Diğer taraftan ısıtılmış gıdaların mutlak suretle etiketlerinde ısıtıldığını gösteren ibare veya sembol bulunması gerekir (Şekil 1.1). Tüketici ancak bu şekilde ısıtılmış gıdaları diğerlerinden ayırabilir. Bu tüketicinin bilgilendirilmesi açısından çok büyük önem taşımaktadır.(Anonim, 2007)



Şekil 1.1: ısıtılmış Ürünlerin Ambalajında Bulunması Zorunlu Olan ısıtılma İşleminin Uygulandığını İfade Eden ‘Radura’ Sembolü

1.2.1.4 ısıtılmanın et ürünlerinin kalitesi üzerine etkisi

ısıtılma tekniği et ve et ürünlerinde patojenleri elimine eden en etkili yöntemlerden biridir. Patojenik (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica*) ve bozulma etkeni bakterilerin gelişimini kontrol etmek için 10 kGy den düşük ısıtılma dozu yeterlidir (Fu ve diğ., 1995; Shenoy ve diğ, 1998).

ısıtılma, et ürünlerinde etkin bir patojen inaktivasyonu sağlamasına rağmen kaliteyi değiştirmeme konusunda bir garanti vermemektedir. ısıtılma işleminin değişik gıdalarda belirli dozların üzerinde istenmeyen tat, koku, renk ve yapı değişimlerine sebep olabildiği bildirilmiştir. Bu durum özellikle taze et ürünlerinde oksidasyon, kötü koku ve renk değişimi olarak kendini göstermekte olup, bu etki ısıtılma dozuna, paketlenme koşuluna, gıdanın bileşimine bağlı olarak değişmektedir (Kim ve

diğ., 2002). Bu nedenle her bir ürün için en uygun olan ve değişimlerin minimum olduğu ışınlama koşullarının tespit edilmesi gerekmektedir.

Işınlanan etlerde yağ oksidasyonu, etin kalitesini belirleyen önemli kalite kriterlerinden biri de yağ oksidasyonudur. Yağ kompozisyonu ve ortamdaki O₂ konsantrasyonuna bağlı olarak depolama sırasında et okside olarak ürünün raf ömrü ve kalitesi olumsuz etkilenir (Berruga ve diğ., 2005; Instatu ve diğ., 2001).

Moleküller iyonize edici ışınları absorbe ettiklerinde rektif hale gelir ve iyon yada serbest radikaller oluştururlar. Oluşan serbest radikaller stabil radyolitik ürünler oluşturmak için reaksiyona girerler. Bu serbest radikaller miyogloblin ve yağları okside eder. Miyogloblin ve yağların oksidasyonu etlerde renkte değişim, ransidite ve kötü koku oluşumuna neden olur (Jo ve Ahn, 2000).

Işınlamanın sulu veya yağ emülsiyon sistemlerinde suyun radyolizine sebep olduğu ve radyoliz sonucu hidroksi radikalleri de dahil olmak üzere çeşitli radikallerin olduğu bilinmektedir. Et kasının % 75 sudan oluştuğu için ışınlama etlerde büyük miktarlarda hidroksi radikali oluşturur. Hidroksi radikalleri en reaktif oksijen türüdür. Hidroksi radikalleri çoklu doymamış yağ asidi zincirinden hidrojen atomu çıkararak yağ radikali oluşturur ve yağ oksidasyonunu başlatır. Aynı zamanda et dokusunda çözünmüş halde bulunan oksijende iyonize edici ışınlardan etkilenerek reaktif oksijen türlerini oluşturur (Jo ve diğ., 1999).

Işınlanmış kas dokularının yağ oksidasyonuna maruz kalma derecesi; doymamış yağ oranına, hücre duvarındaki fosfolipit kompozisyonuna, kas hücrelerindeki antioksidan konsantrasyonunu ve çeşidine, ışınlama dozuna ve paketleme koşuluna bağlıdır (Ahn ve diğ., 2000a; Ahn ve diğ., 1998).

Bir yağ molekülünde serbest radikale en kolay maruz kalan yer çifte bağlı kısımdır. Bir yağ asidine her ilave çifte bağ, oksidasyon hızını 2 kat arttırmaktadır. Oluşan radyolitik ürün miktarı yağ miktarı, yağ kompozisyonu, oksijen varlığına, ışınlama sırasındaki sıcaklık ve ışınlama dozuna bağlı olarak değişmektedir (Giroux ve Lacroix, 1998). Çoklu doymamış yağ asitleri kolaylıkla okside oldukları için ışınlama sırasında önlem almak gerekmektedir. Işınlama ile oluşan yağ oksidasyonu bilinen yağ oksidasyon mekanizmasından farklı değildir (Cava et al., 2005).

Işınlama tavuk kıymasında TBARS değerlerini ve karbonil miktarını artırmıştır (Kanatt ve diğ., 1998). Ahn ve diğ. (2000a), domuz etinin 0, 1.5, 3 ve 4,5 kGy ile ışınladığı ve 4°C’de 2 hafta hava atmosferi ve vakum altında depolamıştır. Vakum ortamında ışınlanmış örneklerin TBARS değerleri ile ışınlanmamış kontrol arasında depolama sırasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. TBARS değerleri aerobik paketlenmiş örneklerde depolama boyunca hızlı bir şekilde artmıştır. Fakat ışınlamamanın etkisi 2 hafta depolama sonucunda gözlenmemiştir. Buda depolama koşulları ve oksijen varlığının yağ oksidasyonu üzerine etkisinin, ışınlamadan daha önemli olduğunu göstermiştir. Ahn ve diğ. (2000b), domuz etini 0, 5 ve 10 kGy dozda ışınladığı ve hava atmosferli ve vakum altında depoladığı çalışma sonucunda yine depomla sırasında oksijen varlığının yağ oksidasyon üzerine etkisinin, ışınlamadan daha önemli olduğunu belirtmiştir. Işınlama vakum ortamında paketlenmiş ve 2kGy dozla ışınlanmış hindi hamplarının TBARS değerlerini çok az etkilemiştir (Zhu ve diğ., 2003).

Işınlanan etlerde renk değişimi, et ürünlerinde renk müşteri kabulü açısından düşünüldüğünde en önemli kalite kriteridir. Et rengi genel olarak pigmentlerin (miyogloblin ve hemogloblin) konsantrasyonu ve kimyasal durumundan etkilenmektedir (Brewer, 2004).

Gıda proseslerinde ve depolamada üretilen serbest radikaller, miyogloblin ve hemogloblin ile reaksiyona girerek istenmeyen renk oluşumuna neden olurlar. Işınlama sonucu oluşan serbest radikaller serbest bağlanma bölgesine (free binding site FBS) bağlanarak metmiyogloblin ve sülfmiyogloblin oluşturur. Metmiyogloblin etin kahverengine, sülfmiyogloblin ise etin yeşile dönüşmesine neden olur (Giroux ve diğ., 2001).

Işınlama sonunda oluşan renk değişimi pakitleme koşulu, hayvanın cinsi, ışınlama dozu, aynı hayvan içinde kas çeşidinden etkilenmektedir. Tavuk göğsü ve domuz eti gibi açık renkli etler ışınlama sonucu pembe renk oluştururken sığır eti gibi koyu renkli etler kahve rengi veya gri renk oluşturur (Nanke ve ark., 1998; Ahn ve ark., 1998). Işınlama işlemi CO oluşumuna sebebiyet vermektedir ve bu gaz bileşiği miyoglobline bağlanma yatkınlığındadır. Işınlama ile hindi etinde oluşan pembe rengin CO-heme pigment kompleksinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim az miktarda da olsa CO gazına maruz kalan etlerde kırmızı renk oluşumu gözlenmektedir. Işınlama hem vakum hem de hava atmosferi ile paketlenen etlerde

CO oluşturur ancak vakum paketlenen etlerde CO oluşumu daha fazladır. Hava atmosferi ile paketlenen etlerde depolama boyunca CO ortamdan kaybolur (Nam ve Ahn, 2002).

Işınlamadan hemen sonra sığır etinin rengi açık kırmızıdan yeşil kahverengine dönüşmektedir. Sığır etinde de açık renkli etlerde olduğu gibi CO oluşumu aynıdır. CO-heme kompleksinin oluşumu sığır etinde renk değişimini açıklayamamaktadır. Sığır etindeki pigment miktarı tavuk ve domuz etinden 10 kat daha fazladır ve oluşan CO-heme pigment kompleksinin toplam renkteki dağılımı önemsiz olmaktadır (Nam ve Ahn, 2003).

Heme-pigmentleri özellikle miyogloblin, güçlü pro-oksidanttır. Işınlama ile heme pigmentlerin değişimi, renk değişimi ve kötü koku oluşumuna neden olur. Işınlama etlerde demirin açığa çıkmasına neden olduğu veya ferryl radikallerin oluşmasını etkilediği için, heme pigmentler yağ oksidasyonunu ışınlanmış etlerde katalizler. Bu nedenle farklı miktarda heme pigmenti ve yağ içeren kas dokuları çeşitli paketlenme ve ışınlama dozlarında farklı sonuçlar oluşturur (Ahn ve diğ., 1998).

Vakum ortamında paketlenmiş 4.5kGy dozla ışınlanmış domuz köftelerinin a-değeri depolama boyunca değişmemiştir. Hava atmosferi ile paketlenmiş ışınlanmış ve ışınlanmamış domuz köftelerin a-değeri depomla boyunca azaltmıştır. Işınlama O₂ ile kombine edildiğinde renk üzerindeki olumsuz etkisi artmaktadır (Ahn ve diğ., 1998). Işınlama (2.5 kGy) sığır kıymasının a*-değerini önemli miktarda azaltmıştır. Görsel olarak da et rengi parlak kırmızıdan yeşil kahverengine dönüşmüştür. Işınlamadan önce sığır kıymasına askorbik (%0.1) asit ilavesi renk değişimini önlemiştir. Askorbik asit ilavesi oksidasyon redüksiyon potansiyelini (ORP) azaltmıştır. Askorbik asit bu etkisinden dolayı heme pigmentlerin Fe⁺² formunda kalmalarını ve rengin stabilizasyonunu sağlamıştır. Işınlanma, ışınlanmamış örneklerle karşılaştırıldığında örneklerin L*-değerlerini etkilememiştir (Nam ve Ahn, 2003).

Sığır köfteleri 0, 1, 2, 3 ve 4 kGy de ışınlanmış ve 4°C'de 4 gün depolanan çalışmada, L*-değeri ≥2 kGy'den fazla dozda ışınlanmış örneklerde azalmıştır. % 0,5 askorbik asit ilave edilmiş örneklerde ışınlama ile L*-değerlerinde farklılık yoktur. a*-değeri ışınlama dozunun artmasıyla azalmıştır. Işınlamadan önce askorbik asit ilavesi rengi stabilize etmiştir (Giroux ve diğ., 2001).

Hindi, domuz ve sığır eti hava atmosferi ve vakum ortamında paketlenmiş ve 3kGy ile ışınlanmıştır. Işınlama depolamanın ilk gününde paketlenme koşulundan bağımsız hindi etinde a^* -değerini arttırdığı, domuz etinde etkilemediği, sığır etinde azalttığı görülmüştür. Depolamanın 7. gününde ise kontrole göre, vakum paketlenen sığır etinde a^* -değeri azalırken, hava atmosferi ile paketlenen etlerde artış görülmüştür. Işınlanmış sığır etindeki toplam renk değişimi hindi veya domuz etinden fazladır. Hava atmosferi ile paketlenen ışınlanmış sığır etindeki renk değişimi vakum ortamından fazladır. Işınlama oksidasyon-redüksiyon potansiyelini (ORP) azaltmıştır. Depolama ile ORP artmıştır. Hindi, domuz ve sığır etinde ışınlama ile CO oluşumu ve ORP değerleri arasında az farklılık bulunmuştur. Buda, ışınlama sonucu sığır etinde oluşan renk değişimini sadece ORP ve CO etkilemediğini gösterir. (Kim ve ark., 2002b).

Nanke ve ark. (1998), ışınlama dozu artıkça, vakum ortamında paketlenmiş hindi, domuz ve sığır etinin L^* -değerlerini etkilenmemiştir. Işınlama dozu artıkça (0 dan 4,5kGy kadar) sığır etinin a^* -değeri azalmıştır. 10.5kGy'e kadar ışınlama sığır etinde b^* -değerini etkilememiştir.

Işınlanan etlerin uçucu bileşenlerindeki değişimler, Işınlanmış etlerde ışınlama kokusunda sorumlu uçucu bileşenler, radyasyonun protein ve yağ moleküllerini etkilemesinden oluşur ve bunlar yağ oksidasyonu sonucu oluşan bileşenlerden farklıdır (Ahn ve diğ., 2000b). Yağ oksidasyonu karakteristik ışınlama kokusunu tek başına oluşturmaz. Teorik olarak yağ oksidasyonunu durduran oksijen geçirmeyen paketlerde ışınlanmış etlerde, ışınlama sonucunda karakteristik ışınlama kokusu oluşmaktadır (Ahn ve diğ., 2000a).

Yağ oksidasyonu sonucu oluşan ve WOF (warmed over flavour) olarak tanımlanan koku ile ışınlamanın sebebiyet verdiği kokuyu birbirinden ayırmak için literatürde farklı tabirler kullanılmıştır. Işınlanarak sterilize edilen etlerde oluşan karakteristik kokuyu metalik, kükürtlü, ıslak köpek, ıslak buğday ve yanık şeklinde tanımlanmıştır. Petterson ve Stevenson (1995), dimetiltrisülfürün ışınlama sonrası oluşan en etkin koku veren bileşik olduğunu ve okside olan etlerdeki WOF kokusundan oldukça farklı olduğunu belirtmiştir. 2-3 kGy ışınlanan pişirilmemiş tavuk etlerinde, pişirmeden sonra dahi hissedilen yanmış yağ veya yanmış tüy (feathers) kokusu kaldığı belirtilmiştir (Ahn, 2002).

Işınlama ve proteinlerin interaksiyonu sonucu temel olarak oluşan bileşikler karbonil gruplar, amonyak, serbest amino asitler, hidrojen peroksit ve organik peroksitlerdir. Aromatik amino asitlerle birlikte kükürt içeren aminoasitler, diğer aminoasitlere göre ışınlamaya karşı en hassas olan bileşiklerdir. Aromatik aminoasitlerde, aromatik grubun indol halkası oksijen radikalının başlıca hedefidir ve fenilalenin oksidasyonu tirozin ve hidroksi türevlerini oluşturur. Kükürt içeren aminoasitler ışınlama sonucu, metil veya etil merkaptan, dimetildisülfür, karbonil sülfür veya hidrojen sülfür oluşturur. Işınlanmış etin tipik kokusu kükürtlü bileşiklerin oluşumu ile alakalıdır. Işınlamaya karşı en hassas aminoasitler cistin, metionin ve triptofandır (Giroux ve Lacroix, 1998).

Işınlanmış etlerde kötü koku ve aroma oluşumunu, sıcaklık, paketin içindeki atmosfer, paketleme materyali, ışınlama dozu, depolama süresi, ışınlamadan önce etin durumu gibi faktörler etkiler. Kötü koku ve aroma oluşumunu azaltmak için eti donmuş durumda, O₂ azaltılmış veya oksijensiz ortamda gerekli en düşük dozda ışınlaması tavsiye edilir. Et ürünlerinde düşük dozlarda ışınlama (≤ 1 kGy) tat ve kokuda soruna neden olmaz iken ışınlama dozu artıkça (≥ 2 kGy) kötü koku ve aromanın şiddeti artmıştır (Wheeler ve diğ., 1999).

Işınlanmış etlerde uçucu oluşumunun mekanizması tam olarak çözülememiştir. Fakat bir çok araştırmacı proteinlerin radyolitik ürünleri ile yağ oksidasyon ürünlerinin ışınlanmış etlerdeki kötü kokudan sorumlu olduğunu düşünmektedir (Ahn ve diğ., 2000a; Ahn ve diğ., 2000b). Jo ve Ahn. (2000), yaptıkları çalışmada, ışınlama lösin, valin, izolösin, fenilalanin, methionin ve sistein içeren et model sisteminde radyolitik parçalanma ile karakteristik uçucu bileşikler oluşmuştur. Bu da hem proteinlerin radyolizi hem de yağ oksidasyonu, ışınlanmış etlerde kötü koku oluşumunda önemli olduğunu göstermektedir.

Bir çok kükürt bileşeni düşük eşik değerine sahiptir ve acı, keskin hoşla gitmeyen koku oluşturur (Xuetong ve diğ., 2002). Ahn ve diğ. (2000a), yaptıkları çalışma sonucunda, ışınlanmış ette ışınlanmamış ette bulunmayan uçucuların oluştuğunu bulmuşlardır. Bunların çoğu kükürt içeren bileşiklerdir ve 2,3 dimetildisülfür miktarı en fazla olan bileşiktir. Ahn ve diğ., (2000b), domuz etini 5 ve 10 kGy dozla ışınladığı ve 4°C'de vakum ve hava atmosferli ortamda depoladığı çalışma sonucunda, kükürt bileşenlerinin yeni oluşan bileşenlerin çoğunluğunu oluşturduğunu ve bunlar arasında dimetildisülfürün oranının %75 olduğunu

belirtmiştir. Oluşan kükürtlü bileşenlerin hava atmosferli ortamda kolaylıkla kayboldukları gözlenmiştir. 5 günlük depolama sonucunda vakum paketlerde depolanan etlerde dimetilsülfür miktarı 1. güne göre yaklaşık altı kat artarken, hava atmosferi ile paketlenen örneklerde ise % 25-50 oranında azalmıştır. Uçucu madde oluşumu üzerine etki en fazla ışınlamadan, daha sonra paketlemeden ve en sonunda ise depolama süresinden kaynaklanmaktadır. Işınlanma etin kabul edilirliliğini etkilememiştir ve panelistlerin % 70'i oluşan kokuyu barbekü edilmiş mısır kokusuna benzetmiştir. Ancak bazı panelistler bu kokuyu yanık, kanlı, keskin ve kükürt kokusuna benzetmişlerdir.

Kim ve diğ. (2002), hindi, domuz ve sığır etlerini, 3kGy dozla ışınladıkları ve 4°C'de 7 gün depoladıkları çalışma sonucunda, tüm örneklerde, ışınlamanın oluşan uçucu madde miktarını arttırdığını, en fazla uçucu maddenin sığır etinde oluştuğunu belirtmişlerdir. Ancak kontrolle karşılaştırdıklarında en fazla artış domuz etinde olmuştur. Işınlanmış domuz eti kontrolden 34 kat daha fazla uçucu madde oluşturmuştur. 1-buten, 1-penten, 1-hegzen, 1-hepten ve dimetildisülfür gibi ışınlanmamış etlerde bulunmayan bileşikler ışınlama sonucunda üç ette de oluşmuştur. Oluşan bu hidrokarbonlar ve diğer kükürt içeren bileşiklerin miktarının ışınlama ile artması, ışınlama sonucunda et ürünlerinde oluşan kokuya sebebiyet veren maddelerin yağ oksidasyonu ve metionin ve sistein gibi aminoasitlerin radyolitik parçalanması sonucu oluştuğu fikrini desteklemektedir. Hindi ve domuz eti benzer uçucu kompozisyonu göstermiştir fakat sığır etinde yüksek oranda hidrokarbonlar tespit edilmiştir. Işınlama gününde sığır etinde oluşan temel uçucu bileşikler, butan, 2-buten, pentan, hegzan, heptan, oktan, toluen ve dimetil sülfür. 7. günde ise 0.güne göre temel uçucular açısından kompozisyon değişmiştir. 7. günde 0.günden farklı olarak toplam uçucu miktarı ve sayısı açısından ışınlanmayan ve ışınlanan örnekler benzerlik göstermektedir. Bu durum, 0. günde kokuya sebebiyet veren maddelerin radyolitik uçucu bileşikler olduğunu ancak 7. günde ise oksidasyonun etkisinin daha önemli olduğunu göstermektedir. Işınlanmış etlerde tercih açısından en düşük duyusal skoru sığır eti almıştır, domuz ve hindi eti ise benzer sonuçlar almıştır. Eğitimli panelistler dahi ışınlanmış ve ışınlanmamış etleri birbirinden ayırt edememişlerdir (Kim ve diğ., 2002).

1.2.2 Modifiye atmosferde paketlenme

Et, süt, yumurta, balık gibi çabuk bozulan gıdaların raf ömürleri atmosferik oksijenin varlığında; aerobik mikroorganizmaların gelişimi, oksijenin kimyasal etkisi nedeniyle kısıtlanmaktadır. Bu faktörlerin her biri tek başına veya birbiri ile bağlantılı olarak tat, renk ve kokuda değişiklikler meydana getirerek gıdaların kalitesinde bozulmalara neden olurlar. Gıdaların bozulması geciktirilerek taze olarak muhafaza edilmesinde en uygun ve etkin yöntem soğukta muhafaza tekniğidir. Ancak soğukta muhafaza tekniklerinin yanında ambalajlama tekniklerinin birlikte uygulanması gıdaların tazeliklerinin daha uzun süre korunmasını sağlamaktadır (Kılınç ve Çakalı, 2001).

Modifiye atmosferde paketlenme (MAP), gıdaların kompozisyonu değiştirilmiş bir atmosferde, gaz bariyeri özelliğine sahip materyaller vasıtasıyla muhafazası olarak tanımlanabilir (Rao ve Sachindra, 2002). Modifiye atmosfer paketlenme kontrollü atmosfer ve vakum paketlenme ile karıştırılmamalıdır. Kontrollü atmosfer paketlenmede depolama zamanı boyunca paket içerisinde atmosfer kompozisyonu kontrol edilmektedir. Kontrollü atmosfer paketlenme çoğunlukla taşımada ve hasat edilmiş ürünlerin depolanmasında kullanılmaktadır. Vakum paketlenmede ise paket içerisindeki atmosfer uzaklaştırılmaktadır (Sivertsvik ve dig., 2002).

MAP'ta kullanılan gazlar genellikle O_2 , N_2 ve CO_2 . Bu gazlar tek başına veya kombinasyon olarak farklı amaçlar için gıda muhafazasında kullanılır (Rao ve Sachindra, 2002). Gıdaların özelliklerine göre özellikle O_2 ve CO_2 oranları ayarlanarak gıdalarda bozulmalara yol açan mikroorganizmalar ve biyokimyasal reaksiyonlar kontrol altına alınarak raf ömür uzatılabilir (Church ve Parsons, 1995). Tablo 1.5'de Modifiye atmosfer paketlenmenin avantajları ve dezavantajları gösterilmiştir.

Tablo1.5: MAP'ın Avantajları ve Dezavantajları (Sivertsvik ve diğ., 2002)

Avantajlar	Dezavantajlar
Et ve et ürünlerinin raf ömrünü %50-400 oranında artırır	Maliyeti artırır
Raf ömrünü artırdığı için ekonomik kayıpları azaltır	Sıcaklık kontrolü gerekir
Taşıma masrafını azaltır, uzak yerlere taşımaya olanak sağlar	Her ürün için optimum gaz koşullarının standardizasyonuna ihtiyaç vardır
Yüksek kalitenin korunmasını sağlar	Özel ekipman ve eğitim gerekir
Dilimlenmiş ürünlerin kolay ayrılmasına olanak sağlar	Paket hacminin artması taşınma maliyetini ve marketteki yerini artırır
Sunum şeklini geliştirir, ürünün her noktadan görünmesini sağlar	CO ₂ pakette çözünmesi, öz suyunun sızmasına neden olur
Çok az veya kimyasal koruyucuya gerek yoktur	CO ₂ pakette çözünmesi, paket göçmesi ve tat değişikliğine neden olur
Kokusuz ve güvenli paketlenme sağlar	Paket açıldıktan sonra avantajları kalmaz

1.2.2.1. Modifiye atmosfer paketlemede kullanılan gazlar

Modifiye atmosferde kullanılan ana gazlar oksijen, azot ve karbondioksittir. Tüketici ve üreticilerin ihtiyaçlarına göre her ürün için O₂, CO₂ ve N₂ farklı konsantrasyonlarda ve oranlarda ayarlanır. Seçilecek gaz oranları ürünün doğal mikroflorasına O₂ ve CO₂ karşı duyarlılığına ve renk stabilitesine göre belirlenir. Karbonmonoksit (kırmızı rengin sağlanmasında), ozon, etilen oksit, nitrous oksit, helyum, neon, argon, propilen oksit, etanol, hidrojen ve klorin çoğu ürünün raf ömrünü artırmak için kullanılmaktadır. Buna karşın bu gazların duyuşal kalite kayıplarına neden olması ve kullanımlarını ekonomik olmaması nedeniyle çok tercih edilmemektedir (Sivertsvik ve diğ., 2002). Tablo 1.6'da belirli et ve et ürünlerinde kullanılan atmosferler gösterilmiştir (Phillips, 1996).

Tablo 1.6: Belirli Et ve Et Ürünlerinde Kullanılan Atmosferler (Phillps, 1996)

Ürün	Atmosfer
Beyaz balık	%40 CO ₂ +%30O ₂ +%30N ₂
Yağlı balık	%40-60CO ₂ +%40-60N ₂
Bacon	%20-35CO ₂ +%65-80N ₂
Piştirilmiş kümes hayvanı etleri	%100CO ₂ %25-30CO ₂ +%70-75N ₂ %20-40CO ₂ +%60-80O ₂ %60-75CO ₂ +%5-10O ₂ +%20N ₂
Kürlenmiş etler	%20-50CO ₂ +%50-80N ₂
Taze sığır eti	%30CO ₂ +%30O ₂ +%40N ₂ %15-40CO ₂ +%60-85O ₂

Karbondioksit (CO₂), Bakteriostatik ve fungistatik özelliklerinden dolayı CO₂ modifiye atmosfer paketlemede önemli gazlarından biridir. CO₂, birçok bozulma etkeni mikroorganizmaların gelişimi inhibe eder ve inhibasyon etkisi CO₂ konsantrasyonu artıkça artar (Sivertsvik ve diğ., 2002). Karbondioksitin et ve yağ dokusunda çözünürlüğü yüksektir. Karbondioksitin et tarafından absorblanması sonucu karbonik asit (H₂CO₃) oluşur buda pH'nın düşmesine neden olur (Martinez ve diğ., 2005). Karbondioksit tarafından oluşturulan karbonik asit miktarı çok azdır (~2%) ve pH değerleri etin normal pH değerleri aralığında kalır. Karbondioksitli atmosferde pH en fazla 0,35 birim azalır (Sorheim, ve diğ., 2004). Karbondioksitin absorblanma kapasitesi biyolojik faktörler, pH, su ve yağ içeriğinden etkilenir. Ayrıca paketlenme ve depolama koşullarından özellikle karbondioksitin kısmi basıncı ve depolama sıcaklığından etkilenir. pH'nın artması CO₂'in çözünürlüğü artırır, sıcaklığın artması ise çözünürlüğü azaltır (Jakobsen ve Bertelsen, 2004).

Karbondioksitin bakteriostatik etkisi; karbondioksit konsantrasyonu, başlangıç bakteriyel yükün miktarı, mikroorganizmaların cinsi, ortam kompozisyonu, depolama sıcaklığı ve paketlenen ürün gibi birçok faktöre bağlıdır. Fakat çözünmüş CO₂ miktarı bakteriostatik etkisini belirleyen en önemli faktördür. Düşük depolama sıcaklığı ve bakteriyel yük karbondioksitin etkinliğini artırmaktadır (Martinez ve ark., 2005; Jakobsen ve Bertelsen, 2004). Karbondioksitin inhibisyon etkisi gösterebilmesi için ortamda minimum %20-30 oranında bulunması gerekir. Karbondioksit konsantrasyonu artıkça inhibisyon etkisi artmaktadır (Martinez ve ark., 2005).

CO₂ bakteriyel gelişme üzerindeki etkisi komplekstir ve CO₂'in mikroorganizmalar üzerinde etkisini açıklayan dört mekanizma tanımlanmıştır (Sivertsvik ve diğ., 2002).

1. Hücre zarını fonksiyonlarını etkileyerek, besin alımı ve absorpsiyonun etkilemesi
2. Doğrudan enzimleri inhibe etmesi veya enzim reaksiyonunu azaltması
3. Bakteriyel membran penetrasyonu ve hücre içi pH değişimine neden olması
4. Proteinlerin fizikokimyasal özelliklerini direk olarak değiştirmesi

Muhtemelen bütün bu özelliklerin kombinasyonu CO₂'in bakteriostatik etkisinden sorumludur (Sivertsvik ve diğ., 2002).

Azot (N₂), tatsız, kokusuz, renksiz inert bir gazdır. Düşük çözünürlüğünden dolayı genelde dolgu gazı olarak kullanılır. Yağ ve suda düşük çözünürlüğünden dolayı ürün tarafından absorblanmaz, CO₂ tarafından oluşturulan paket göçmesini önler ayrıca diğer gazların oranını azaltır (Sivertsvik ve diğ., 2002). N₂ antimikrobial özelliği yoktur ve ürün rengini etkilemez (Rao ve Sachindra, 2002).

Oksijen (O₂), et ürünlerinin raf ömrünü belirleyen en önemli parametrelerden birdir. Gıdalarda miyoglobinin okside olmasını ve yağ oksidasyonu gibi bazı enzim-kataliz reaksiyonlarında görev alır (Rao ve Sachindra, 2002). Ortamdaki oksijen miyoglobinin oksijene formda (oksimiyoglobin) kalmasını sağlar. Buda ete tüketiciler tarafından istenen taze parlak kırmızı et rengini verir. Taze etler genelde istenen rengi sağlamak için %80O₂'li ortamda paketlenir. O₂ ayrıca üründe gelişen bakteriyel florayı da etkiler. Genelde aerobik bakterilerin gelişimi teşvik eder, anaerobik bakterilerin gelişimini ise inhibe eder. Düşük O₂ (<%0.5) seviyesi taze etlerde et renginin parlak kırmızıdan kahverengine veya gri/kahverengine dönüşmesine neden olur. Diğer yandan yüksek O₂ konsantrasyonu yağlı kısımların oksidasyonun neden olur.

1.2.2.2 Modifiye atmosferde paketlenmenin et ürünlerinde kullanılması

Modifiye atmosferle paketlenme yönteminin, et ve et ürünlerinin raf ömrüne etkilerinin incelendiği bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Kaya ve Aksu, 2005; O'Grady ve diğ., 2000; Nicolalde ve diğ., 2006; Martinez ve diğ., 2005; Ahn ve diğ., 2004). Taze etlerin paketlenmesinde rengin kırmızılığını korumak için yüksek O₂ ortamda paketlenmesi tercih edilir. Kullanıma hazır et ürünlerinde ise ürünün karakteristik rengini korunmasını sağlayacak gaz kompozisyonları tercih edilir.

Piştirmeye hazır köftelerin vakum veya farklı O₂ (%0, 2, 21) ve CO₂ (%0, 33, 66, 100) kombinasyonlarıyla paketlenmesinin 3°C de 21 gün depolandığı çalışmada, TBARS değerleri O₂ konsantrasyonu ile artmış ancak CO₂'in etkisi görülmemiştir. En düşük TBARS değeri (1.15 mgMDA/kg) vakum ve %100 N₂ içeren paketlerde görülmüştür. a-değeri % 21 O₂ içeren paketlerde 21 gün sonunda 14 ten 4'e düşerken diğer paketlerde bu değer 10'a düşmüştür. Sonuç olarak; yüksek CO₂ ve düşük O₂ köftelerde mikrobiyal gelişim, oksidasyon ve renk değişimini yavaşlatarak piştirmeye hazır köftelerin raf ömrü arttırmıştır (Yılmaz ve diğ., 2007).

Farklı gaz konsantrasyonları ile gerçekleştirilen bir çalışmada, etteki raf ömrünün hava < vakum ambalaj < 40% CO₂/30%N₂/30%O₂ < 80% CO₂/20%O₂ < 100%CO₂ yönünde arttığı gözlenmiştir. Bu durum atmosferdeki CO₂ miktarı arttıkça raf ömrünün arttığı gözlenmiştir ve işlemin etkinliğini ortaya koymuş olmasına rağmen %100 CO₂ içeren ortamda taze et renginin paketlenmeyi takiben kaybolduğu, fakat modifiye atmosfere esensiyle yağ ilavesinin rengin korunmasına katkıda bulunduğu görülmüştür (Skandamis ve Nycas, 2002). Koyun etiyle gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise ilk 6 gün renkte önemli farklılık gözlenmezken, 9 ve 12. günlerde p<0,01 düzeyinde önemli fark tespit edilmiştir kırmızı rengin azaldığı görülmüştür (Kennedy ve diğ., 2004).

Paket içindeki oksijenin varlığı yağ oksidasyonun etkileyen en önemli faktördür. Çok düşük miktarlarda oksijen (%0-2) bile oksidasyon reaksiyonlarının başlaması için yeterlidir (Simiddy ve diğ., 2001; Berruga, ve diğ., 2005a). Berruga ve diğ. (2005a) kuzu eti ile yaptıkları çalışmada, vakum paketlenmiş örneklerde renk ve oksidasyon stabilitesinin en iyi sağladığı buna karşın en düşük a-değerinin ve en yüksek TBARS değerlerinin %20O₂/80%CO₂ içeren paketlerde olduğu bulunmuştur. Berruga ve diğ. (2005b) tavşan etini dört farklı modifiye atmosferde pakitleyip, 1°C'de 20 gün depoladıkları çalışmada ise yine benzer sonuçlar bulmuşlardır. En düşük TBARS

değerleri oksijen içermeyen paketlerde en yüksek TBARS değerleri de yüksek oksijenli paketlerde bulunmuştur.

Ön pişirilmiş tavuk göğsünü % 30, 60 ve 90 CO₂ (kalan kısım N₂ ile tamamlanmıştır) koşullarında ve hava atmosferli ortamda paketleyip 4°C’de 20 gün depoladıkları çalışmada, TBARS değerleri MAP ve hava atmosferli paketlerde farklı bulunmamıştır. İlk 8 gün depolama boyunca MAP ve hava atmosferli paketlerde TBARS değerleri azalmıştır. 8. günden sonra hava atmosferli paketlerdeki örneklerin TBARS değerleri MAP paketlere göre önemli miktarda artmıştır. Depolama boyunca MAP paketlerde önemli bir değişim olmamıştır. Hava atmosferli paketlerde yağ oksidasyonu artarken MAP paketlerde kontrol altına alınabilmektedir. % 60 ve %90 CO₂ içeren paketler ön pişirilmiş tavuk göğsünü mikrobiyal ve kimyasal kalitesi ile duysal özelliklerini depolamanın sonuna kadar korumuştur (Patsias ve ark., 2005).

O’Grady ve ark. (2000), kıyma ve bütün haldeki sığır etini % 20, 40, 60, ve %80 O₂ konsantrasyonlarında paketleyip 4°C’de 10 gün karanlıkta depolamışlardır. % 40, 60 ve 80 O₂ içeren paketlerdeki TBARS değerlerinde fark bulunmamıştır. Buda belli bir seviyeden sonra O₂ miktarındaki artışın yağ oksidasyonun etkilemediğini gösterir.

Dumanlanmamış bakan gibi yağlı et ürünlerinde oksidasyon ve aerobik bakterilerin gelişimi engellemek için % 35 CO₂ ve %65 N₂ gibi O₂’siz ortamda paketlenabilir. MAP ürünlerin anaerobik patojen gelişimini engellemek için düşük seviyede O₂ (%5-10) paketlerde bulunması tavsiye edilir (Phillips, 1996).

1.2.3 Modifiye atmosferde paketlenme ve ısınlamanın birlikte kullanılması

Gıda muhafaza ve işleminde ‘hurdle’ yaklaşımı olarak bilinen birden fazla kontrol edici işlemin beraber kullanımı bu işlemlerin tek baslarına kullanımına göre daha etkin olmakta ve etkilerini sinerjik olarak artırmaktadır (Leistner ve Gorris, 1995). Birçok gıda için zorunlu olan paketlenme işlemi ‘hurdle’ yaklaşımı ile modifiye atmosferlerle birleştirerek ve uygun şart ve dozlarda ısınlaması ürünlerin muhafazası için çok etkin rol oynayacaktır. Nitekim yapılan çalışmalarda MAP ile ısınlamanın beraber kullanımı çeşitli et ürünlerinde mikrobiyal aktiviteyi ve istenmeyen kimyasal reaksiyonları kontrol altına alarak raf ömrü ve kaliteyi artırdığı gözlemlenmiştir (Lee ve diğ., 1996; Thakur ve Singh, 1995).

MAP ile birleştirildiğinde gerekli ışınlama dozu daha küçük seviyelere çekilerek ışınlamanın kalitede meydana getirebileceği olumsuz etkiler ortadan kaldırılabilir.

Sosis ürünlerinde ışınlama ve MAP işleminin kombine olarak uygulamasını inceleyen bir çalışmada hava, vakum, %100 CO₂, %100 N₂ ve %25CO₂/75 N₂ olmak üzere beş farklı atmosferde paketlenen numuneler, 5 kGy'lik doz ile ışınlanmıştır. 4 haftalık depolama süresi boyunca, ışınlamanın etteki kırmızı rengi önemli oranda etkilediği ve azalttığı gözlenmiştir. Vakum, CO₂ ve CO₂/N₂ ile paketlenen numunelerde renk kaybı, hava ve N₂ ile paketlenenlere göre daha az bulunmuştur. Işınlamanın neden olduğu renk kaybının MAP ile önlenilebileceği sonucuna varılmıştır (Ahn ve diğ., 2004).

Domuz etinin 4.5kGy ışınladığı ve hava atmosferli ve vakum paketlerde iki hafta depolanan çalışmada, ışınlanmış ve ışınlanmamış etlerin kromatogramları incelendiğinde ışınlanan etlerin kromatogramları daha kompleks ve farkın 3 dakikadan önce pik veren maddelerden olduğu bulunmuştur. Bu aralıkta oluşan maddelerin ışınlamanın sebep olduğu karakteristik kokuya sebep olduğu söylenebilir. Toplam uçucu madde miktarı sırasıyla en fazla hava atmosferli paketlenmiş ışınlanmış etlerde, daha sonra vakum paketlenmiş ışınlanmış etlerde, daha sonra aerobik paketlenmiş ışınlanmamış etlerde en az ise vakum paketlenen ışınlanmamış etlerde oluşmuştur (Ahn ve diğ., 1998). Yapılan başka bir çalışmada depolama sonunda ışınlama sonucu oluşan uçucu maddelerin miktarı vakum paketlenen etlerde, hava atmosferi ile paketlenmiş etlere göre oldukça fazla miktarda bulunmuştur. Bu sonuçta kükürt içeren bileşiklerin hava atmosferi ile paketlenme koşullarında kolaylıkla kaybolduğunu göstermektedir (Nam ve Ahn, 2003b).

Lee ve diğ. (2005), modifiye atmosfer paketlerde (N₂:CO₂=75:25) 5, 10 ve 20 kGy dozlarla ışınlamanın hamburger köftelerinin yağ oksidasyon değerleri üzerine etkisinin önemsiz olduğunu tespit etmiştir. Ahn ve diğ. (1998), vakum paketlerde ambalajlanarak 4,5 kGy dozda ışınlanan domuz etlerinde iki haftalık depomla süresi boyunca yağ oksidasyon değerlerinde önemli bir artış gözlenmemiştir. Ayrıca vakum paketlenmiş ışınlanmış domuz etlerinin a-değerleri hava atmosferi ile örneklerden yüksek bulunmuştur. Bu da O₂'nin domuz etlerinde yağ oksidasyon ve renk üzerine etkisinin ışınlamadan daha fazla olduğunu gösterir.

Yapılan başka bir çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Anne ve diğ. (1992), domuz etini %0, 10 ve 20 O₂ (kalan kısım N₂ tamamlanmıştır) konsantrasyonlarında

paketleyip ve 1 kGy dozla ışınladıkları çalışma soncunda, oksijen yokluğunda ışınlama domuz etinin duyusal raf ömrünü 5°C'e de depolamada 9 günden 26 güne çıkarmıştır. %0 O₂ paketlenmiş örneklerde ışınlamanın oksidasyon, duyusal ve renk değerlerine etkisi olmamıştır. Paket tepe boşluğundaki oksijen ışınlama ile kombine edildiğinde ürünün kimyasal, duyusal ve fiziksel kalitesini olumsuz etkilemiştir. En yüksek TBARS değerleri ışınlanmış %20 O₂ paketlenmiş örneklerde bulunmuştur.

2. MATERİYAL VE METOD

2.1 Materyal

2.1.1 Malzemeler ve kimyasallar

Bütün halinde sığır eti, toz kırmızı biber, karabiber, kimyon, tuz, galeta unu, sarımsak, kuru soğan bir süpermarketten alınmıştır. Tiyobarbütrik asit (TBA) Merck' ten (Darmstadt, Almanya), Bütillendirilmiş hidroksitoluen (BHT), trikloroasetik asit (TCA) ve 1,1,3,3-tetraetoksipropan (TEP) Fluka'dan (Buschs, İsviçre) alınmıştır.

2.1.2 Ambalaj materyali

Aerobik paketlemede ambalaj materyali olarak LDPE (Düşük yoğunluklu polietilen) (Oksijen geçirgenliği:3800 cc/m².gün.atm, test koşulu:23°C %0 bağıl nem) diğer paketlemelerde ise ambalaj materyali olarak PET/PE-EVOH-PE (Polietilenterefitalat/Polietilen-Etilen vinilalkol kopolimer-Polietilen) lamine film (Oksijen geçirgenliği:1,2 cc/m².gün.atm, test koşulu:23°C %0bağıl nem) kullanılmıştır. Paketleme materyalleri Koroza Ambalaj San. Ve Tic. A.Ş' den temin edilmiştir.

2.2 Metotlar

Bu çalışmada iki farklı deney planı tasarlanmıştır. İlk çalışmada laboratuvar ortamında hazırlanan köfteler farklı O₂ ve CO₂ kombinasyonları içeren gaz karışımlarıyla (%O₂+%CO₂ olarak: 0+0, 0+50, 5+0, 5+50, 21+0, 21+50) paketlenerek 0, 2 ve 4 kGy dozlarda Co⁶⁰ ile ışınlanmıştır. Pişirmeye hazır köftelerin oksidasyon (TBARS), renk değerleri ve uçucu bileşenlerindeki değişimler 3±1°C de depolama sırasında ölçülmüştür. İkinci çalışmada; laboratuvar ortamında hazırlanan köfteler hava atmosferi ve %3O₂+%50CO₂ ile paketlenerek 0, 1.5 ve 3 kGy dozlarda ışınlanmıştır. Köftelerin oksidasyon (TBARS), renk değerleri, duyuusal özelliklerindeki ve uçucu bileşenlerdeki değişimler 3±1°C'de depolama sırasında belirlenmiştir. Bu denemelerde kullanılan metotlar aşağıda belirtilmiştir.

2.2.1 Köftenin hazırlanması

Bütün halinde dana eti deney günü bir süpermarketten alınmıştır. Blok halindeki etin tüm yüzeyini kaplayacak şekilde üzerine alkol dökülmüş ve mikrobiyal yükün azaltılması sağlanmıştır. Ortamdan alkolü uzaklaştırmak için etin yüzeyi yakılmıştır. Köfte yapımında kullanılan bütün ekipman klorlu suyla dezenfekte edilmiştir. Yanık kısımlar bıçakla kesilip atılmıştır. Geri kalan et, kıyma makinesi ile iki kere çekilerek kıyma haline getirilmiştir. Köfte % 82,4 kıyma, % 8 ekmek içi, % 0,1 karabiber, % 2 kırmızı biber, % 3 soğan, % 0,5 sarımsak, % 2 tuz, % 2 kimyon sırayla karıştırılıp yoğrulmasıyla hazırlanmıştır. Köftenin hazırlanmasında kullanılan malzemeler bir leğen içersine yaklaşık 30 dakika yoğrulmuştur. Yoğurma işleminin ardından 5 cm çapındaki plastik kalıp yardımıyla köftelere disk şekli verilmiştir. İkinci çalışmada yüzeyin düzgün olması için köfte hamurunu düzleştirmek için oklava kullanılmıştır. Yapılan ilk çalışmada hazırlanan köftelerin her biri yaklaşık 12 ± 3 g'dır ve köftelere şekil verildikten sonra buzdolabı kaplarına konulup, bir gece buzdolabında ($+4^{\circ}\text{C}$) bekletilmiştir. Yapılan ikinci çalışmada ise hazırlanan köftelerin her biri yaklaşık 12 ± 3 g olacak şekilde şekillendirildikten sonra buzdolabında bekletilmeden paketlenme işlemine geçilmiştir.

2.2.2 Paketleme

İlk çalışmada paketler 18 cm x 15 cm boyutlarında kesilmiştir. İkinci çalışma da ise duyu ve uçucu analizi için paketler 22 cm x 30 cm, yağ oksidasyonu ve renk analizi için ise 10 cm x 15 cm boyutlarında kesilmiş ve bütün paketler klorlu su ile dezenfekte edilmiştir. Hazırlanan köfteler hava atmosferli paketler için gaz geçirgenliği yüksek LDPE torbalarına, MAP için olanlar ise gaz geçirgenliği çok düşük çok katmanlı PET/PE-EVOH-PE torbalarına yerleştirilmiştir. Ambalajlar içerisine uygun gaz karışımları verildikten sonra kapatılmıştır (Multivac C200). Çalışmada kullanılan gaz karışımları uygun oranlarda O_2 , CO_2 ve N_2 'nin bir gaz mikseriyle (PBI dansensor Map Mix 9000) karıştırılmasıyla elde edilerek ambalaj makinesine verilmiştir. Gaz karışımı ayarlandıktan sonra ambalaj makinesi iki kere boş çalıştırılmıştır. Ayrıca gaz oranlarının kontrolü için LDPE ambalaj materyali ile paketlenmiş boş paketlerde gaz kontrolü yapılmıştır. Elde edilen gaz karışımlarındaki gaz oranları bir gaz analizatörü (PBI Dansensor CheckMate 9900) ile ölçülmüştür. Ambalajlamadan önce 12 mbar'a kadar vakum uygulanarak paketin içindeki hava

alınmıştır. Ardından ayarlanan gaz karışımı 750 mbar'a kadar verilmiş ve ardından LDPE paketler için 1,2 saniyelik, PET/PE-EVOH-PE paketler içinse 2 saniyelik ısı ile kapama işlemi uygulanmıştır. İlk denemede kullanılan ambalaj koşulları: M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂. İkinci denemede kullanılan ambalaj koşulları ise; A: %21O₂+%0CO₂ ve MAP: %3O₂+%50CO₂'dir. Paketlerdeki gaz oranları gerektiğinde N₂ ile %100'e tamamlanmıştır.

2.2.3 Işınlama

Paketlerin içindeki köfte örnekleri 70cm x 60cm boyutlarındaki köpük kutulara yerleştirilmiştir. Köpük kutuların içine ışınlama süresince sıcaklığın korunabilmesi için en alt kısma 8 adet buz aküsü yerleştirilmiştir. Buz akülerinin üzerine 70 cm x 60 cm ebatlarında kesilmiş mukavva parçalarının arasına paketler ve termometre yerleştirilmiş ve kutuların ağzı bantlanarak kapatılmıştır. Örnekler ticari ışınlama tesisine 9 ± 3 °C'de taşınmıştır. Ürünlerin ışınlaması Çerkezköy'de kurulu bulunan Gamma-Pak Sterilizasyon A.Ş. ışınlama tesisinde gerçekleştirilmiştir. Işınlanmamış örnekler ışınlama sırasında ışınlama çemberinin dışında tutulmuştur. İlk denemede kullanılan dozlar 0, 2 ve 4 kGy'dir. Işınlama doz hızı 1,33 kGy/saat ve gücü 850.000 curries'tir. İkinci denemede ise kullanılan dozlar; 0, 1,5 ve 3 kGy dir. Işınlama doz hızı 1,33 kGy/st ve gücü 850.000 curries'tir. Her iki denemede de ışınlama cihazının kalibrasyonu Ceris-Cerious kimyasal dozimetrelerle gerçekleştirilmiştir. Işınlamaya giren ürünlerin aldıkları dozlar ise yüzeylerine yapıştırılan plastik özellikli Amber 3042 tip Harwell kırmızı akrilik (perspeks) (PMMA) dozimetreler ile ölçülmüştür. Her iki denemenin dozimetri sonuçları Ekler'de (Tablo A.1, Tablo A.2, Tablo A.3) gösterilmektedir.

2.2.4 Depolama

Tüm örnekler ışınlamadan sonra 3±1°C'de depolanmıştır ve paketler açılmadan önce her iki deneme içinde gaz ölçümü yapılmıştır. İlk deneme de köftelerde 1., 7. ve 14. günlerde TBARS, pH ve renk değerleri ölçülmüştür. Uçucu bileşenleri ise 1. ve 7. günlerde ölçülmüştür. GC-SPME analizinde kullanılacak örnekler analiz günü klipsli buzdolabı poşetlerine konularak -18°C'de saklanmış ve analizlerine başlanmıştır. İkinci denemede ise depolamanın 1., 7., 14., ve 21. gününde TBARS ve renk değerleri 2., 8., ve 15. günlerde ise uçucu bileşenleri, duyuusal özelliklerindeki

değişimler ölçülmüştür. GC-SPME analizinde kullanılacak örnekler analiz günü buzdolabı poşetlerine konularak -18°C’de saklanmış ve analizlerine başlanmıştır.

2.2.5 TBA analizi

Pikul, ve diğ. (1998)’da belirtilen sulu ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır ancak perklorik asit yerine trikloroasetik asit (TCA) kullanılmıştır.

Çözeltiler

% 5 TCA (Trikloroasetik asit) çözeltisi: 5 g TCA distile suda çözülerek 100 ml’ye tamamlanmıştır.

% 7,2 BHT (Bütillendirilmiş hidroksitoluen) çözeltisi = 7,2 g BHT % 96’lik etanolde çözülerek % 96’lik etanolla 100 ml’ye tamamlanmıştır.

0,02 M TBA (Tiyobarbütirik asit)=0,2883 g TBA distile suda çözülerek 100 ml’ye tamamlanmıştır.

Ekstraksiyon ve MDA’nın belirlenmesi

10 g. örnek 35 ml TCA ve 1ml BHT içeren ekstarksiyon çözeltisinde homojenize edilmiştir. Karışım Whatman no:4 filtre kâğıdından 100 ml’lik nuçe erlenine süzölmüştür. Süzme işleminden sonra, filtre kâğıdı 5 ml TCA ile yıkanmıştır. Filtrat % 5 lik TCA ile 50 ml’lik balon jojede 50 ml’e tamamlanmıştır. 5ml filtrat ve 5ml 0,02 M TBA çözeltisi deney tüpünde karıştırılmış ve deney tüpü 80°C deki su banyosunda 20 dakika inkübe edilmiştir. Test tüpleri akan musluk suyu altında 10 dakika soğutulmuştur. Oluşan pembe renkli MDA-TBA kompleksinin absorbansı bir spektrofotometrede (T80 UV/VIS, İngiltere) 532 nm de şahide karşı okunmuştur. Şahit olarak 5ml TBA, 5ml TCA içeren deney tüpü kullanılmıştır. Malondialdehit standardı olarak 1,1,3,3-tetraetoksipropan (TEP) kullanılmıştır.

Geri kazanımın hesaplanması

10 g örneğin içine $5 \cdot 10^{-8}$ mol/5 ml’lik TEP konsantrasyonundan ilave edilmiştir. Yukarıda anlatıldığı şekilde elde edilen MDA-TBA kompleksinin absorbansı 532 nm şahide karşı okunmuştur. İlave edilen TEP’in ve TEP ilave edilmemiş örneğin absorbans değeri ölçölerek geri kazanım aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Gomes ve diğ., 2003a).

$$P (\%) = \frac{A_3 - A_1}{A_2} \cdot 100$$

A_3 = TEP ve örneği içeren filtratın absorbens değeri

A_1 = Örneğin absorbens değeri

A_2 = TEP' in absorbens değeri

Ekstraksiyon katsayısının hesaplanması (K_{ekst})

TBARS değeri, absorbens değerinin sabit bir değer olan ekstraksiyon katsayısı, K_{ekst} ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. K_{ekst} aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Sonuçlar mg MDA/kg örnek olarak verilmiştir (Pikul ve diğ., 1989)

$$K_{ekst} = S \text{ mol} / A * 72,063 \text{ g/mol} * 1000 \text{ mg/l} \text{ g} * 1000 \text{ g/l} \text{ kg} * 1/E * 100 / P$$

$$S = \text{TEP in 5 ml filtrattaki mol sayısı} (1 \times 10^{-8} - 8 \times 10^{-8})$$

$$72,063 \text{ g/mol} = \text{MDA'ın molekül ağırlığı}$$

E= Numune ağırlık eşdeğeri, 50 ml filtrattan 5 ml aliquot olarak alındığı zaman, 10 g örnek için E, 1 dir.

P= % Geri kazanım

TEP'in 5 ml filtrattaki $1 \times 10^{-8} - 8 \times 10^{-8}$ mol sayısının hesaplanması:

10^{-2} M TEP çözeltisinden seyreltimler yapılarak, 10^{-5} M seyreltim elde edilmiştir. seyreltimler TCA ile yapılmıştır. Bunun için;

10^{-2} M TEP çözeltisinden 1ml alınıp TCA ile 10 ml'e tamamlanmıştır ve 10^{-3} M TEP çözeltisi elde edilmiştir. Bu şekilde devam edilerek seyreltimler yapılarak 10^{-5} M seyreltim elde edilmiştir.

10^{-5} M'lik seyreltimden 1 ml alınıp, 4 ml filtrat eklenince; 5 ml filtratta 1×10^{-8} mol TEP elde edilmiştir. 2 ml alınıp, 3 ml filtrat eklenince; 5 ml filtratta 2×10^{-8} mol TEP elde edilmiştir Bu şekilde devam edilerek $1 \times 10^{-8} - 8 \times 10^{-8}$ mol/5ml'lik konsantrasyon hazırlanmıştır. 5 ml'lik TEP konsantrasyonları üzerine 5ml 0,02 M TBA çözeltisi ilave edilerek örnekler 80°C deki su banyosunda 20 dakika inkübe edilmiştir. Standartların absorbensleri okunarak her konsantrasyon için K_{ekst} hesaplanmıştır. Eklerde verilen Tablo B.1'de farklı TEP konsantrasyonları için hesaplanan ekstraksiyon katsayısı değerleri verilmiştir.

2.2.6 Renk analizi

Örneklerin başlangıç ve depolama sırasında hunter L-, a-, b-değerleri bir renk ölçer (Chroma Meter CR-400, Japonya) periyodik olarak ile ölçülmüştür. Ölçümden önce standart beyaz kalibrasyon plakası ile beyaz kalibrasyon yapılmıştır (Y=93.8, X=.3134, Y=.3196). Her örnek üzerinden farklı beş noktadan ölçüm yapılarak bunların ortalaması alınmıştır.

2.2.7 pH analizi

pH ölçümü için 3 gr örnek 27 ml distile suda homojenize edilmiştir (Martinez ve diğ., 2005). Homojenizatın pH'sı bir pH metre (model 211 HANNA, USA) ile ölçülmüştür.

2.2.8 Duyusal analiz

Duyusal analizler İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümünde çalışan ve yaşları 26-40 arasında değişen 6 gıda mühendisi ile gerçekleştirilmiştir. Eğitim amaçlı olarak panelistler 7 gün boyunca farklı doz ve farklı köfte formülasyonları kullanılarak eğitilmiştir.

Eğitimde 0, 3, 6 ve 9kGy dozla ışınlanmış ve hava atmosferi ile paketlenmiş baharatlı yağlı, baharatlı yağsız, baharatsız yağlı, baharatsız yağsız olmak üzere toplam 16 çeşit köfte kullanılmıştır. Köfteler 10°C'de bir hafta depolanmıştır. Eğitim raf ömrüne bağlı olarak ürünlerdeki değişimleri de gözlemlemek amacıyla 1., 4. ve 7. gün çiğ ve pişirilmiş örneklerle gerçekleştirilmiştir. Eğitim panelistlerin yuvarlak bir masa etrafında toplanarak referansları incelemeleri ve tartışmaları şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ön çalışmalar ile belirlenen ve asıl denemelerde kullanılmasına karar verilen ürün özellikleri ve referanslar Tablo 2.1'de belirtilmiştir. Ransit yağ kokusu ve kokuşma kokusu var/yok şeklinde sorulmuştur, referans kullanılmamıştır. Panelistlerden önce çiğ daha sonra pişmiş örnekleri analizlemeleri istenmiştir. Işınlanmamış köfteler ise her analiz günü sabahında yeniden hazırlanmıştır. Panelistler ışınlama sonucunda çiğ ve pişmiş örneklerde farklı bir kokunun oluştuğunu tespit etmişlerdir. Eğitim sonucunda, ışınlama ile çiğ örneklerde; ışınlama kokusu, renk değişimi, ransit yağ kokusu ve baharat kokusunda azalma tespit edilmiştir. Pişirilmiş örneklerde ise ışınlama kokusu, renk değişimi, dokuda sıkılaşma, pişmiş tatta artış, ransit yağ kokusu ve baharat kokusunda azalma

gözlenmiştir. Bu nedenle çiğ ve pişmiş örnekler için 0-15'lik skala kullanılarak ışınlama ve modifiye atmosferin bu özelliklere olan etkisi asıl denemede çalışılmıştır.

Tablo 2.1: Duyusal Analizde Kullanılan Özellikler ve Referanslar

Özellik	Referans
Kokuşma kokusu	-
Ransit yağ kokusu	-
Baharat kokusu	Baharatsız yağlı köfte: 0 Baharatlı yağsız köfte: 15
Işınlama kokusu	9 kGy ışınlanmış köfte:15 0 kGy ışınlanmış köfte:0
Renk (çiğ örnekler)	9 kGy ışınlanmış köfte, kahverengi: 0 Işınlanmamış köfte, kiremit turuncusu:15
Renk (pişirilmiş örnekler)	Açık kahverengi: 0 Koyu kahverengi: 15
Pişmiş Tat (pişmiş örnekler)	Işınlanmamış 230°C'de 35 dakika pişirilmiş köfte:8
Dokuda Sıkılaşıma (pişmiş örnekler)	Pınar dana sucuğun sertliği:15
Genel beğenirlik	Pişmiş ve çiğ örnekler bütün özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Beğendim/Beğenmedim

Asıl denemede, modifiye atmosferde (%3O₂+%50 CO₂) ve hava atmosferi ile paketlenen örnekler hazırlandığı ve paketlenildiğinin ertesi günü, 0, 1.5 ve 3kGy dozla ışınlanmış 3±1°C'de 15 gün depolanmıştır. Örneklere depolamanın 2., 8. ve 15. günü duyusal analiz yapılmıştır. Işınlanmamış hava atmosferi ile paketlenmiş örnekler analiz günü hazırlanmıştır.

Duyusal analizler panelistler birbirlerini görmeyecek şekilde birbirlerinden tahta panellerle ayrılmış standart '' duyusal analiz laboratuvarında '' gerçekleştirilmiştir. Işınlamanın renkte meydana getirdiği değişikliği maskelemek için panel, renk değerlendirmeleri hariç kırmızı ışık altında gerçekleştirilmiştir. Kırmızı rengin etkisini artırmak için panel odası camları siyah kâğıtla kapatılmak suretiyle karartılmıştır.

Her paneliste pişmiş ve çiğ olmak üzere üç rakamlı tesadüfî tablo kullanarak seçilmiş sayılarla kodlanmış 12 örnek sunulmuştur. Panelistlerden önce çiğ daha sonra pişirilmiş örnekleri analizlemeleri istenmiştir. Pişirilmiş örnekler 230°C'de 35 dakika pişirilmiştir. Tadım sırasında ağız içini nötrlemek için tuzsuz etimek ve su

kullanılmıştır. Panelistlerden pişmiş ve çiğ örnekleri referanslara göre 0-15'lik skala yardımıyla belirlemeleri istenmiştir. Tüm panelistlere testin formatı ve skalanın nasıl değerlendirileceği hakkında bilgi verilmiştir. Eklerde verilen tablo C.1 ve C.2 'de panelistlere sunulan form örnek olarak gösterilmiştir.

2.2.9 Paket içi gaz kompozisyonu analizi

Paketlerdeki CO₂, O₂ ve N₂ kompozisyonu paketleme sırasında ve her analiz gününde bir gaz analizatörü (PBI Dansensor CheckMate) ile ölçülmüştür.

2.2.10 GC-SPME ile uçucu analizi

Uçucu analizi için -18°C'de klipsli buzdolabı poşetlerinde saklanan köfte örneklerinden analiz gününden bir gün önce 20 ml hacimli cam şişelere (vial) 5 g örnek ve 10 g tuz karıştırılmıştır. Şişelerin ağzı septum kapaklarla kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler 1 gün buzdolabında bekletilmiştir. SPME fiber olarak 85µm Carboxen™/PDMS Stable Flex™ (Supelco, USA) kullanılmıştır. Fiber kullanılmadan önce 250°C'de 1 saat GC-enjeksiyon portunda bekletilerek şartlanmıştır. Şartlanma işleminden sonra kör (blank) analiz yapılmıştır. Fiber de herhangi bir kirlilik olmadığı tespit edilince analizlere başlanmıştır. Hazırlanan şişeler 5 dakika 80°C'deki su banyosunda bekletildikten sonra SPME cihazı ile tepe boşluğunda 30 dakika 80°C'deki su banyosunda absorpsiyon yapılmıştır. Daha sonra 5 dakika 240°C'deki GC enjeksiyon portunda desorpsiyon yapılmıştır. Cihazda kullanılan helyum akış hızı=1,1 ml/dakika, Enjeksiyon portu sıcaklığı= 240°C, dedektör sıcaklığı= 250°C, fırın sıcaklık programı, 40°C'de 3 dakika, 40-100°C'de 2°C/dakika, 100-225°C'de 20°C/dakika, 225°C'de 5 dakika olacak şeklindedir. Gaz kromatografisinde 30m x 0,53mm x 1.0 µm ebatlarında fused silika kapileri kolon kullanılmıştır (Supelco, USA).

Literatürde ışınlanan etlerde olduğu belirtilen bazı standart uçucu maddelerin dedektöre gelme süreleri, her bir standardın 20 ml'lik cam şişelere 1µl ilave edilmesinden sonra 80°C'de SPME cihazı ile 2 dakika absorpsiyon ve 5 dakika 240°C'deki GC enjeksiyon portunda desorpsiyon yapılmasıyla belirlenmiştir.

2.2.11 İstatistiksel analizler

Analizler için Minitab® Release 12.2 for Windows kullanılmıştır. Microsoft Exell® 2003 de hazırlanan veriler bu programa aktarılarak Genel lineer modelleme yöntemi ile varyans analiz (ANOVA) yapılmıştır.

Eğer model anlamlı ise, Tukey ikili karşılaştırma testiyle %95 güven düzeyinde ikili karşılaştırmalar yapılarak, 1. denemede ışınlama dozu, depolama günü, O₂ ve CO₂ miktarına 2. denemede ise ışınlama dozu, depolama günü ve paketlenildiği ortama göre istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu özellikler arasındaki interaksyonlar incelenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Işınlama Dozu ve Paket İçi O₂ ve CO₂ Konsantrasyonlarının Köftelerin Yağ Oksidasyonu, Renk ve Uçucu Bileşenleri Üzerine Etkisi

Farklı gaz kompozisyonlarında paketlenen (%0, 50 CO₂ ve %0, 5, 21 O₂'nin kombinasyonları) ve ışınlanan (0, 2 ve 4 kGy), 3±1°C de depolanan pişirmeye hazır taze köfte örneklerinin depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde TBA ve renk analizi yapılmıştır. Ayrıca depolamanın 1. ve 7. gününde GC-SPME ile uçucu analizi yapılmıştır. Sonuçlar ışınlama dozu, depolama günü, O₂ ve CO₂ miktarına göre istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

3.1.1 Paket içi gaz kompozisyonları

O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarında depolama boyunca önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir (Tablo 3.1). Depolama boyunca % 21 O₂ içeren paketler %14.80'e, %50 CO₂ içeren paketlerde maksimum %42,70 kadar düşüş olmuştur.

Tablo 3.1: Farklı dozlarda ışınlanmış paketlerdeki depolama sırasında ortalama O₂ ve CO₂ kompozisyonları (M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %50O₂+%0CO₂, M4: %50O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

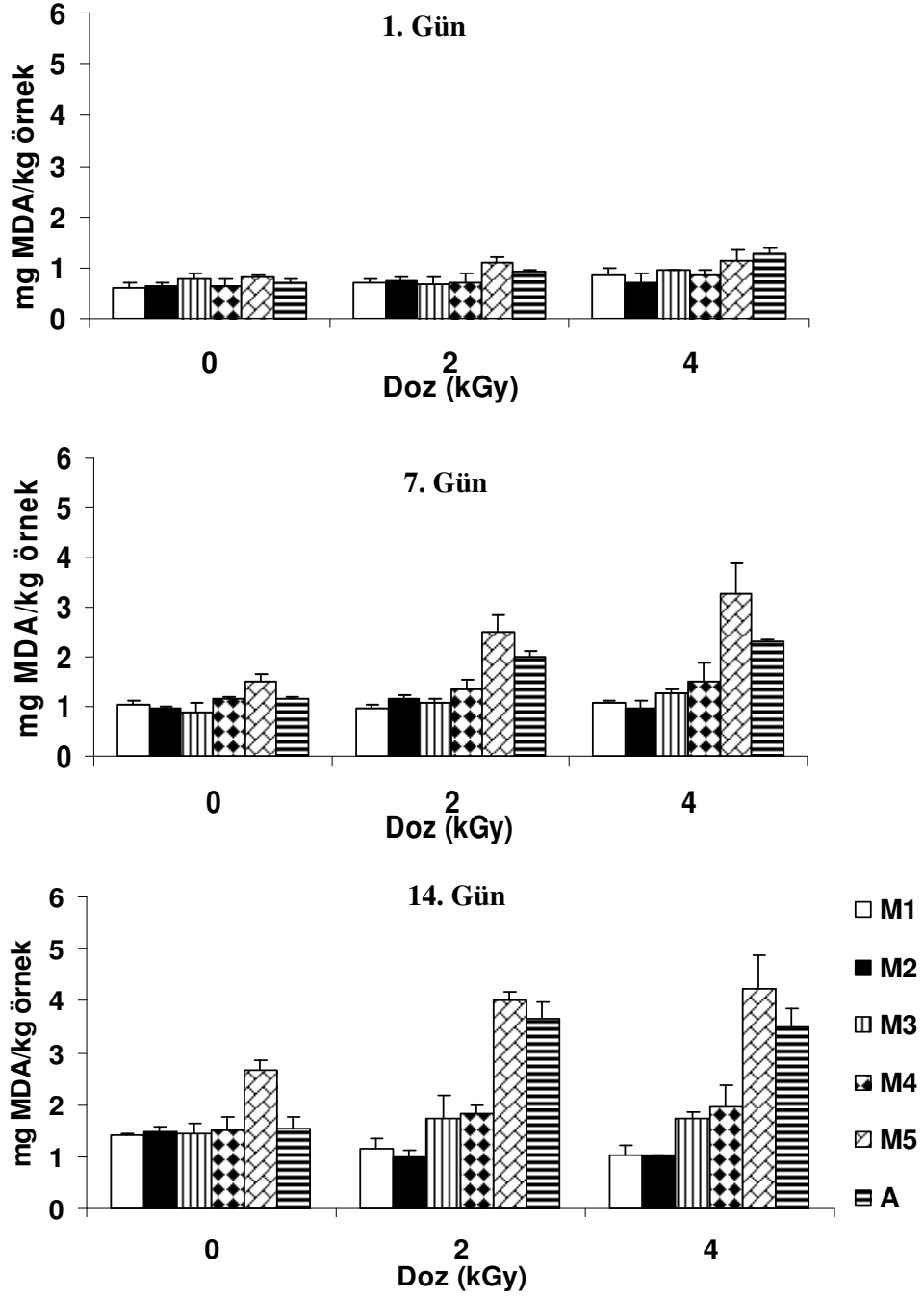
Doz	Paketleme	% O ₂ % CO ₂		
		1. gün	7. gün	14. gün
0kGy	M1	0,55	0,05	0,00
		0,51	4,10	6,25
	M2	0,20	0,13	0,04
		46,50	44,80	47,40
	M3	3,60	1,92	0,00
		1,14	5,55	12,70
	M4	4,02	3,63	3,10
		46,80	44,70	45,90
	M5	20,70	19,95	19,10
		45,50	45,45	45,90
	A	18,40	16,80	11,90
		4,75	3,96	4,20
2 kGy	M1	0,42	0,22	0,09
		1,05	1,60	2,85
	M2	0,13	0,08	0,03
		46,70	44,25	43,90
	M3	4,26	3,43	3,09
		1,40	2,15	2,40
	M4	4,50	5,63	2,83
		46,65	46,90	45,90
	M5	20,23	20,10	18,35
		46,86	45,90	47,85
	A	17,55	20,00	19,5
		5,24	0,65	1,25
4 kGy	M1	0,36	0,15	0,10
		0,91	2,20	1,59
	M2	0,07	0,01	0,00
		46,35	43,65	40,30
	M3	4,06	5,41	2,93
		1,61	1,40	2,25
	M4	4,37	3,30	2,73
		45,70	43,75	44,75
	M5	19,99	20,10	17,35
		47,80	46,00	46,05
	A	17,85	19,35	19,90
		9,35	0,90	0,25

3.1.2 Yağ oksidasyonu

TBARS değeri, absorbans değerinin sabit bir değer olan ekstraksiyon katsayısı, K_{ekst} ile çapılması sonucu elde edilmiştir. Hazırlanan her TEP konsantrasyonu için K_{ekst} katsayısı hesaplanmıştır (Tablo B.1). Daha sonra bu değerlerin ortalaması alınmış ve bu değer 6,14 olarak hesaplanmıştır. TBA analizi sırasında % kaç oranda MDA ekstre edildiğini gösteren geri kazanım %88,27 bulunmuştur.

Işınlama köftelerin TBARS değerlerini doza bağlı olarak artırmıştır ($p<0.05$). 2 ve 4 kGy dozda ışınlanmış köftelerin ortalama TBARS değerleri, sırasıyla 1,12 den 1,55 ve 1,68'e (mg MDA/kg örnek) yükselmiştir (Şekil 3.1). Ambalaj içinde O_2 miktarı artıkça ışınlama kaynaklı oksidasyonun arttığı görülmüştür. Bu artış %21 O_2 içeren paketlerde %50 O_2 içeren paketlere göre daha fazladır ($p<0.05$). 14 gün depolama sırasında ışınlanmış örneklerin TBARS değerleri ışınlanmamış örneklerin TBARS değerlerinden fazla artmıştır ($p<0.05$). Işınlama dozu ve CO_2 miktarı arasında interaksiyon TBARS değerleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p>0.05$).

Paketlerdeki oksijen miktarı artıkça TBARS değerleri artmıştır. % 5 ve % 21 O_2 içeren paketlerdeki TBARS değerleri sırasıyla ortalama 1,0 den 1,25 ve 2,2 ye (mg MDA/kg örnek) yükselmiştir. 14 gün depolama sırasında %21 O_2 içeren paketlerdeki TBARS değerlerindeki artış oranı %0 ve 5 O_2 içeren paketlerden fazladır. Paket içi atmosferde artan CO_2 (%50) yüksek O_2 içeren paketlerde örneklerin TBARS değerlerini artırırken düşük O_2 içeren paketlerde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Genel olarak zamanla TBARS değerleri artmıştır ($p<0,05$). 14 gün depolama sonunda en yüksek TBARS değerleri (3,5-4,24 mg MDA/kg örnek) %21 O_2 içeren ve 4 kGy dozla ışınlanmış örneklerde bulunmuştur. En düşük TBARS değerleri (1,01-1,45 mg MDA/kg örnek) ise O_2 içermeyen paketlerde bulunmuştur.



Şekil 3.1: Işınlama ve Farklı Gaz Oranları İçeren Paketlemenin Depolama Sırasında Köftelerin TBARS Değerlerine Etkisi (M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

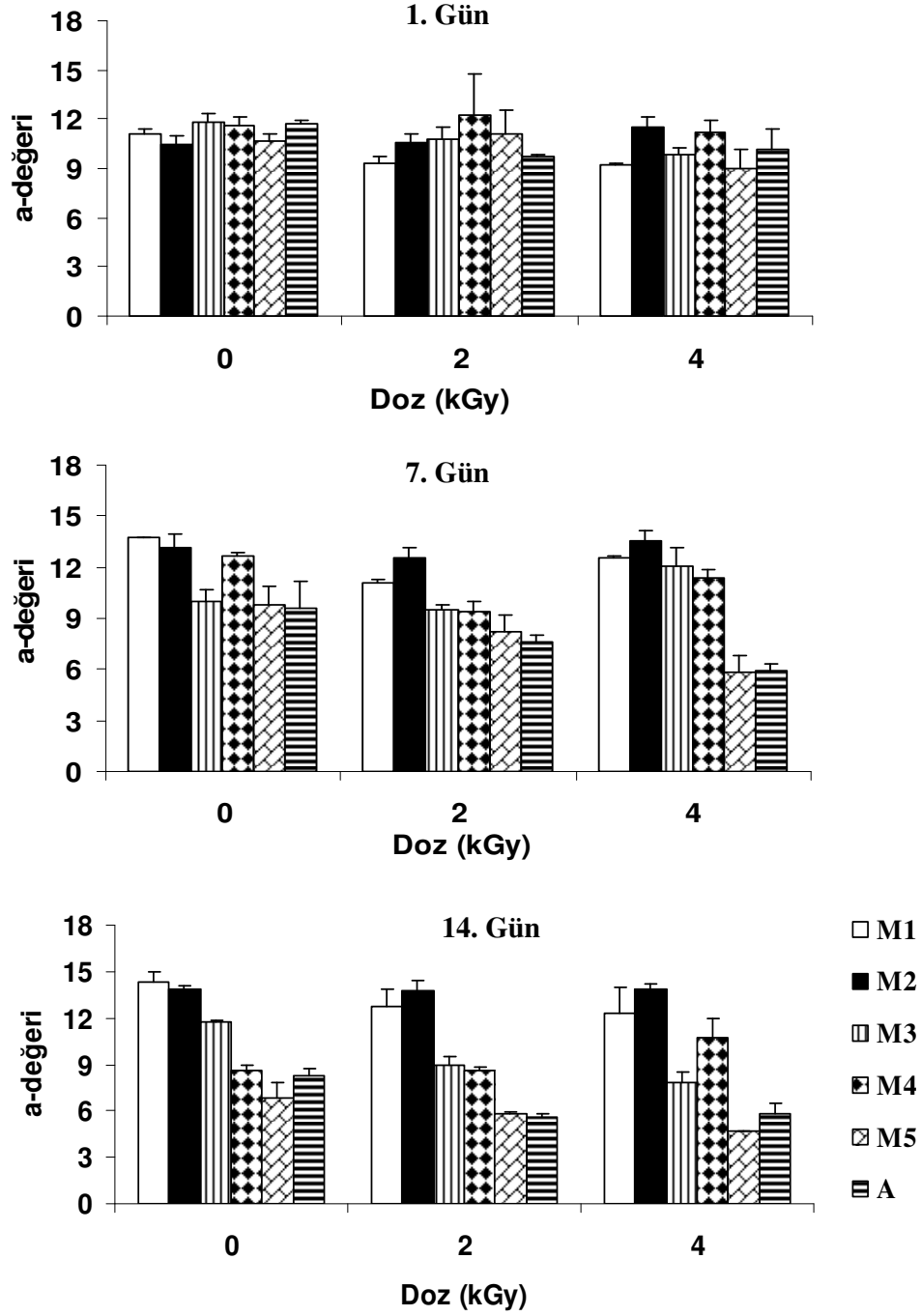
Yapılan çalışmada, köftelerde yağ oksidasyonunun gelişmesinde O₂ konsantrasyonunun ışınlama dozundan daha önemli olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar yapılan benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir. Işınlama farklı bir çok et ürününde doza bağlı yağ oksidasyonunu artırmıştır (Kanatt ve diğ., 2005; Wong ve Kitts, 2002; Quattara ve diğ., 2002; Jo ve diğ., 2003). Ayrıca bir çok et ürününde O₂'nin oksidasyon üzerine etkisi ışınlama dozundan daha önemli olduğu bir çok çalışmada rapor edilmiştir (Ahn ve diğ., 1998; Jo ve diğ., 1999).

Yapılan çalışmada, yüksek CO₂ içeren paketler, yüksek O₂'li ortamda TBARS değerlerini artırmıştır. CO₂ miktarı köftelerin pH değerlerini etkilememiştir (p>0.05). Köftelerin pH değerleri 5,91-6,01 arasında bulunmuştur. Martinez, ve diğ. (2005), taze domuz sosislerinde CO₂ konsantrasyonu artıkça yağ oksidasyonun arttığını rapor etmişlerdir. Bu artışı, üründe CO₂ absorpsiyonu ve pH düşmesi ile ilişkilendirmişlerdir. Yüksek CO₂ ortamda pH azalması domuz kıymasında Jakobsen ve Bertelsen (2004) tarafından rapor edilmiştir. Diğer yandan %100 CO₂ ortamda paketlenen domuz etinde Viana ve diğ. (2005) pH değerlerinde değişme olmadığını rapor etmişlerdir.

3.1.3 Renk değişimi

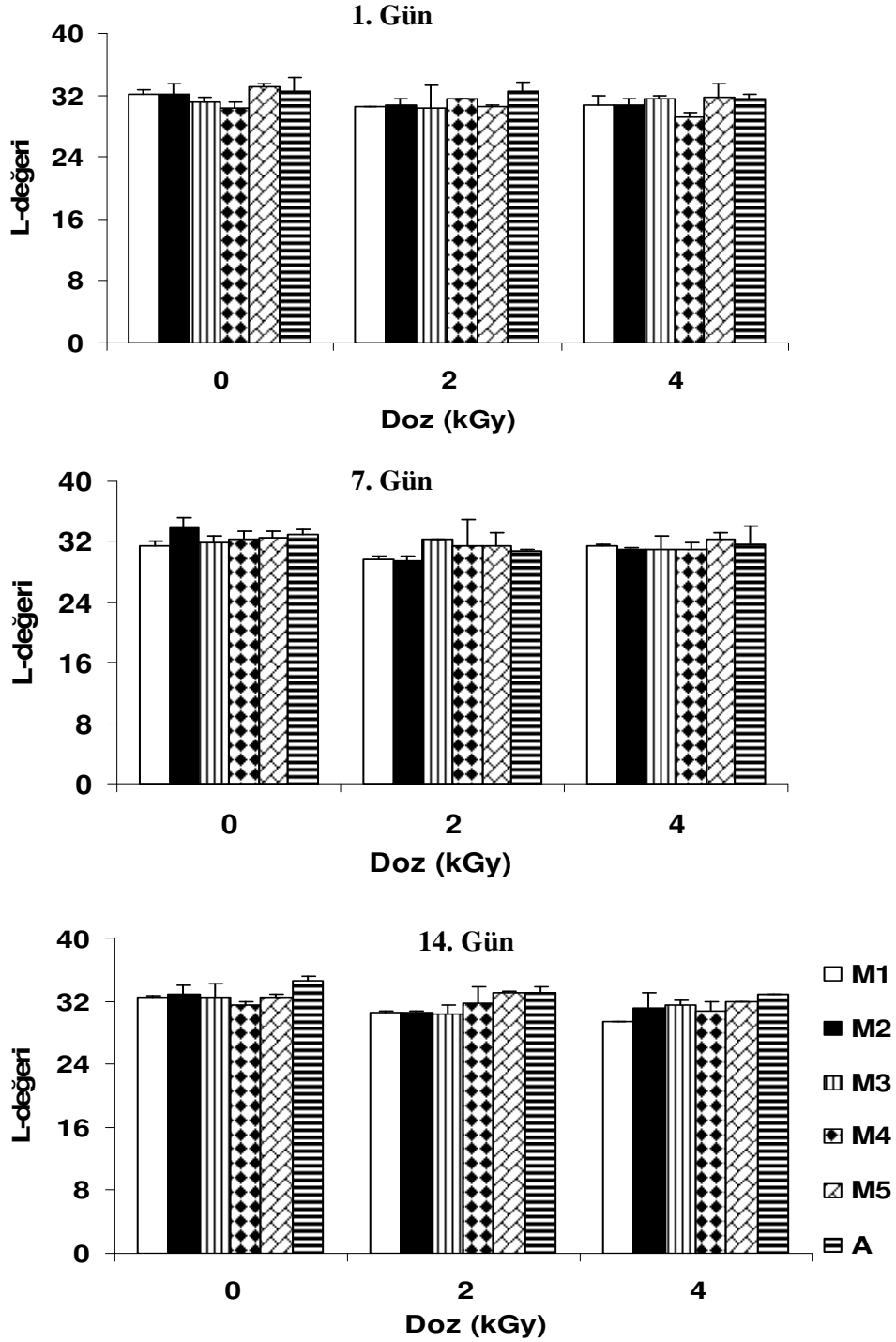
Köftelerin a-değerlerini 2 ve 4 kGy dozla ışınlama, sırasıyla 11,2 den 9,8 ve 9,7'ye sadece % 5 ve 21 O₂ içeren paketlerde azaltmıştır (p<0.05) (Şekil 3.2). Işınlama dozu ve CO₂ konsantrasyonun arasındaki interaksyonun a-değeri üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır (p>0.05).

Paketlerdeki % 5 ve % 21 O₂ konsantrasyonları ortalama a-değerlerini sırasıyla, 12,2 den 10,5 ve 8,1'e düşürmüştür. 14 gün depolama sırasında yüksek O₂'li paketlerde a-değerlerindeki azalma oranı düşük O₂'li paketlerden fazladır. Oksijen içermeyen ve farklı dozlarda ışınlanmış örneklerin 14 gün depolama sırasında a-değerlerinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir. CO₂ ve O₂ konsantrasyonları arasındaki interaksyonun a-değerleri üzerinde etkisi önemli bulunmamıştır (p>0.05). Karbondioksit miktarının a-değeri üzerinde etkisi gözlenmemiştir (p>0.05). Genel olarak ilk 7 gün a-değerlerinde değişim gözlenmemiştir, 7. günden sonra a-değerleri önemli ölçüde azalmıştır.



Şekil 3.2: Işınlama ve Farklı Gaz Oranları İçeren Paketlemenin Depolama Sırasında Köftelerin a-değerlerine Etkisi (M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

Köfte örneklerinde renkteki açıklık ve koyuluğu ifade eden L-değerlerinde ışınlama veya MAP'ın önemli bir etkisi bulunmamıştır (Şekil 3.3) ($p>0.05$).



Şekil 3.3: Işınlama ve Farklı Gaz Oranları İçeren Paketlemenin Depolama Sırasında Köftelerin L-değerlerine Etkisi (M1: %0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

Çiğ domuz köftesi, domuz sosisi, sığır kıyması gibi et ürünlerinde ısınlama ve O₂ ile a-değerlerinde azalma bir çok çalışmada rapor edilmiştir (Ahn ve diğ., 1998; Jo ve diğ., 1999; Nam ve Ahn, 2003). Nam ve Ahn (2003); Nanke ve Ahn (1998), ısınlamanın domuz, hindi, sığır ve sığır kıymasında L*-değerlerini etkilemediğini tespit etmişlerdir.

3.1.4 Uçucu bileşenler

Literatürde ısınlanan etlerde olduğu belirtilen bazı uçucu maddelerin gelme süreleri belirlenmiştir (Tablo 3.2)

Tablo 3.2: Bazı Standart Uçucu Maddelerin Gaz Kromatografisinde Dedektöre Geliş Süreleri

Uçucu Madde	Geliş Süresi (dakika)
Hegzan	5,52
1-penten	5,55
Pentan	5,64
Oktan	6,16
Hegzen	6,18
Heptan	7,00
1-hepten	7,31
Dimetilsülfür	7,38
İsovaleraldehit	11,76
Metildisülfür	19,40

Uçucu analizi sonucu oluşan pikler dedektöre geliş sürelerine göre standartlarla karşılaştırılarak tanımlanmaya çalışılmıştır (Tablo D.1). Fakat oluşan piklerden sadece 19,8 dakikada gelen pik metildisülfür olarak tanımlanmıştır. Metildisülfür 19,40 dakikada dedektöre gelmiştir. Diğer standartlar analiz edilen ilk pikten önce dedektöre gelmiştir. Tanımlanamayan pikler geliş sürelerine göre değerlendirilmiştir.

Köfte örneklerinde 19,8 dakikada gelen ve metildisülfür olarak tanımlanan pikin alanı üzerine ısınlama veya MAP'ın önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 3.3). Köfte örneklerinde 12.18, 26.26, 29.08, 30.04 dakikada gelen piklerin alanı üzerine ısınlama veya MAP'ın önemli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 3.3) ($p>0,05$). Örneklerde 32.85 dakikada gelen pikin alanı üzerine ısınlamanın önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$). 7 gün depolama sırasında yüksek O₂'li paketlerde (%21) 32.85 dakikada gelen pikin alanı düşük O₂'li (%0 ve 5) paketlerden fazla bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 3.3).

Tablo 3.3: Işınlama ve Farklı Gaz Oranları İçeren Paketlemenin Depolama Boyunca Köftelerin Uçucu Bileşenlerine Etkisi (M1:%0O₂+%0CO₂, M2: %0O₂+%50CO₂, M3: %5O₂+%0CO₂, M4: %5O₂+%50CO₂, M5: %21O₂+%50CO₂, A: %21O₂+%0CO₂)

Depolama (Gün)	Paket	12,18 dakikada gelen pik (Alan*10 ⁻³)		
		0 kGy	2 kGy	4 kGy
1	M1	788±109	848±399	607±9
	M2	713±53	1282±86	1068±164
	M3	716±192	1432±300	900±160
	M4	727±104	702±20	617±39
	M5	642±59	812±56	734±38
	A	754±48	640±22	601±45
7	M1	913±29	880±26	875±159
	M2	1102±152	983±529	1135±112
	M3	1076±443	1156±77	864±232
	M4	920±69	862±63	896±54
	M5	872±104	1120±653	737±112
	A	1200±0,18	871±71	944±17
Depolama (Gün)	Paket	19, 83 dakikada (Metildisülfür) gelen pik (Alan*10 ⁻⁵)		
		0 kGy	2 kGy	4 kGy
1	M1	323± 5	384± 132	330±156
	M2	333±10	298±60	482±344
	M3	269±57	276±26	349±192
	M4	305±118	394±154	233±58
	M5	271±29	413±82	306±87
	A	215±113	320±57	298±188
7	M1	410±28	311±60	391±113
	M2	394±46	972±795	1148±60
	M3	1196±477	391±50	415±16
	M4	533±272	425±59	444±75
	M5	473±28	639±98	516±206
	A	398±24	934±346	896±725
Depolama (Gün)	Paket	26,26 dakikada gelen pik (Alan*10 ⁻³)		
		0 kGy	2 kGy	4 kGy
1	M1	7,68±0,45	30,78±6,74	23,30±10,86
	M2	21,03±1,45	26,42±11,44	38,21±20,04
	M3	16,73±5,94	11,19±2,26	30,38±15,90
	M4	15,08±6,50	22,58±8,41	19,48±0,67
	M5	12,55±7,05	26,29±0,39	22,84±12,57
	A	15,60±9,01	24,83±1,82	25,02±6,74
7	M1	13,85±1,70	12,60±0,85	8,76±1,08
	M2	13,17±4,48	19,78±7,76	11,93±0,95
	M3	16,98±1,44	14,18±3,05	26,11±16,82
	M4	22,85±4,03	28,84±16,11	18,04±4,23
	M5	15,47±2,08	14,11±1,66	25,16±11,0
	A	10,44±1,09	26,38±12,84	25,51±9,73

Tablo 3.3'ün Devamı

Depolama (Gün)	Paket	29,08 dakikada gelen pik (Alan*10 ⁻⁴)		
		0 kGy	2 kGy	4 kGy
1	M1	745±32	182±107	115±63
	M2	114±7	216±38	132±31
	M3	89±18	62±7	186±44
	M4	75±16	148±67	90±3
	M5	66±7	119±18	113±33
	A	78±47	107±21	116±41
7	M1	118±24	71±29	106±19
	M2	117±33	174±156	213±35
	M3	85±18	87±12	75±21
	M4	129±30	112±24	121±20
	M5	193±54	60±20	267±235
	A	126±37	216±195	140±90
Depolama (Gün)	Paket	30,04 dakikada gelen pik (Alan*10 ⁻⁴)		
		0 kGy	2 kGy	4 kGy
1	M1	41±7	126±53	189±53
	M2	124±12	176±89	163±128
	M3	138±7	179±104	90±44
	M4	117±9	131±12	150±13
	M5	94±14	133±46	145±46
	A	87±40	138±26	158±26
7	M1	125±14	92±1	106±20
	M2	117±32	131±34	162±87
	M3	132±18	135±7	134±2
	M4	152±71	154±20	157±32
	M5	117±44	182±20	167±82
	A	105±1	188±57	200±72
Depolama (Gün)	Paket	32,85 dakikada gelen pik (Alan*10 ⁻⁴)		
		0 kGy	2 kGy	4 kGy
1	M1	144±4	218±67	156±77
	M2	92±3	137±90	212±193
	M3	99±18	69±40	267±206
	M4	63±51	163±61	140±10
	M5	74±28	169±2	216±154
	A	82±43	157±20	201±46
7	M1	84±27	53±24	188±184
	M2	90±1	105±63	247±190
	M3	388±99	140±71	116±29
	M4	95±87	129±9	128±37
	M5	200±165	394±41	415±413
	A	488±279	431±136	189±62

Genel değerlendirme, oksijensiz ortamda paketlenmiş örneklerin TBARS ve renk değerleri 14 gün depolama sırasında önemli ölçüde korunmuştur. Ancak modifiye atmosfer paketlerde eğer paketler depolama sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalırsa gıda güvenliği açısından sorun teşkil etmektedir. Modifiye atmosfer paketlenmiş et ürünlerinde *C. botulinum* gelişimi ve toksin üretimi % 2 O₂' nin altında tespit edilmiştir (Rao and Sachindra, 2002). Bu nedenle paketlerin gıda güvenliği için minimum % 2 O₂ içermesi gerekir.

TBARS değerinin 2-5 mg MDA/kg veya yüksek olması durumunda tüketicilerin üründeki oksidasyonu fark edebildiği ve ürünün kabul edilebilirliğini olumsuz etkilediği literatürde belirtilmiştir (Berruga ve diğ., 2005; Instatu ve diğ., 2001), bizim çalışmamızda, % 0 ve 5 O₂ ile paketlenen köftelerin TBARS değerleri <2 mg MDA/kg örnek değerinin altında bulunmuştur. Taze kıymanın rengi tüketici beğenisini etkileyen en önemli kalite kriteridir. Bizim çalışmamızda kullanılan köfteler karakteristik rengini sığır kıyması ve baharatlardan almaktadırlar. Bu karakteristik renk taze kıyma renginden farklıdır. a-değeri üzerine, % 0 ve 5 O₂ miktarı etkisi arasındaki fark (1,7 birim) çok azdır muhtemelen tüketiciler bu farkı fark etmeyecektir.

Gıda güvenliği ve kaliteyi sağlamak için ortam ne anaerobik olmalı nede fazla oksijen bulunmalıdır. İlk deneme tasarlanırken depolama sırasında ortamda bulunması gereken düşük O₂ konsantrasyonu %5 seviyede olması düşünülmüştür. Ortamdaki O₂ seviyesi depolama sırasında mikrobiyal faaliyetlerden dolayı azalmaktadır. İlk denemedeki üç haftalık depolama sırasında O₂ miktarlarındaki değişim sonuçları, ikinci denemede anaerobik ortam oluşturmada % 3'e kadar inebileceğimizi göstermektedir. Bu nedenle ikinci denemede daha dar ışınlama dozları ve %3 O₂+%50 CO₂ atmosfer koşulları çalışılmıştır.

3.2 Işınlama (0-3 kGy) ve MAP'ın (%3O₂+%50CO₂) Köftelerin Yağ Oksidasyonu, Renk, Duyusal Özellikleri ve Uçucu Bileşenleri Üzerine Etkisi

MAP (%3 O₂+%50 CO₂) ve hava atmosferi ile paketlenmiş 0, 1.5 ve 3 kGy dozlarla ışınlanmış, 3±1°C de depolanan pişirmeye hazır taze köfte örneklerinin depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde renk ve TBA analizi yapılmıştır. Depolamanın 2., 8. ve 15. günlerinde duyusal özelliklerindeki ve uçucu bileşenlerdeki değişimler incelenmiştir. Sonuçlar ışınlama dozu, depolama günü ve paketlenildiği ortama göre istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

3.2.1 Paket içi gaz kompozisyonları

Paketlere deneylerden önce gaz ölçümleri yapılmıştır. Depolama boyunca O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik olmamıştır. TBARS ve renk analizi için kullanılan paketlerin gaz kompozisyonu depolama sonunda %21 O₂ içeren paketlerde O₂ konsantrasyonu % 18,3'e, %50 CO₂ içeren paketlerde CO₂ konsantrasyonu % 39,3'e düşmüştür (Tablo 3.4). Duyusal ve uçucu analiz için yapıldığı paketlerin gaz kompozisyonu değerleri depolama sonunda ise %21 O₂ içeren paketlerde O₂ konsantrasyonu % 17,1'e, %50 CO₂ içeren paketlerde CO₂ konsantrasyonu % 39,7'e düşmüştür (Tablo 3.5).

Tablo 3.4: MAP ve Hava Atmosferi ile Paketlenen Örneklerde Gaz Ölçümü Değerleri (Renk ve Yağ Oksidasyonu analizi için kullanılan paketler)

Depolama (Gün)	Doz (kGy)	Hava Atmosferi ile Paketleme		MAP	
		% O ₂	% CO ₂	% O ₂	% CO ₂
0		20,9	0,30	2,60	49,8
1	0	20,8	0,35	2,60	49,8
	1,5	20,8	0,35	2,60	49,8
	3	20,8	0,35	2,60	49,8
7	0	20,1	0,40	3,04	42,0
	1,5	19,4	0,60	2,77	41,2
	3	19,3	1,00	2,07	40,9
14	0	18,3	2,5	2,57	41,6
	1,5	18,5	1,00	2,07	39,9
	3	19,8	0,50	2,60	40,8
21	0	18,7	3,20	1,11	39,3
	1,5	19,3	0,50	0,10	47,6
	3	19,1	0,52	0,40	42,5

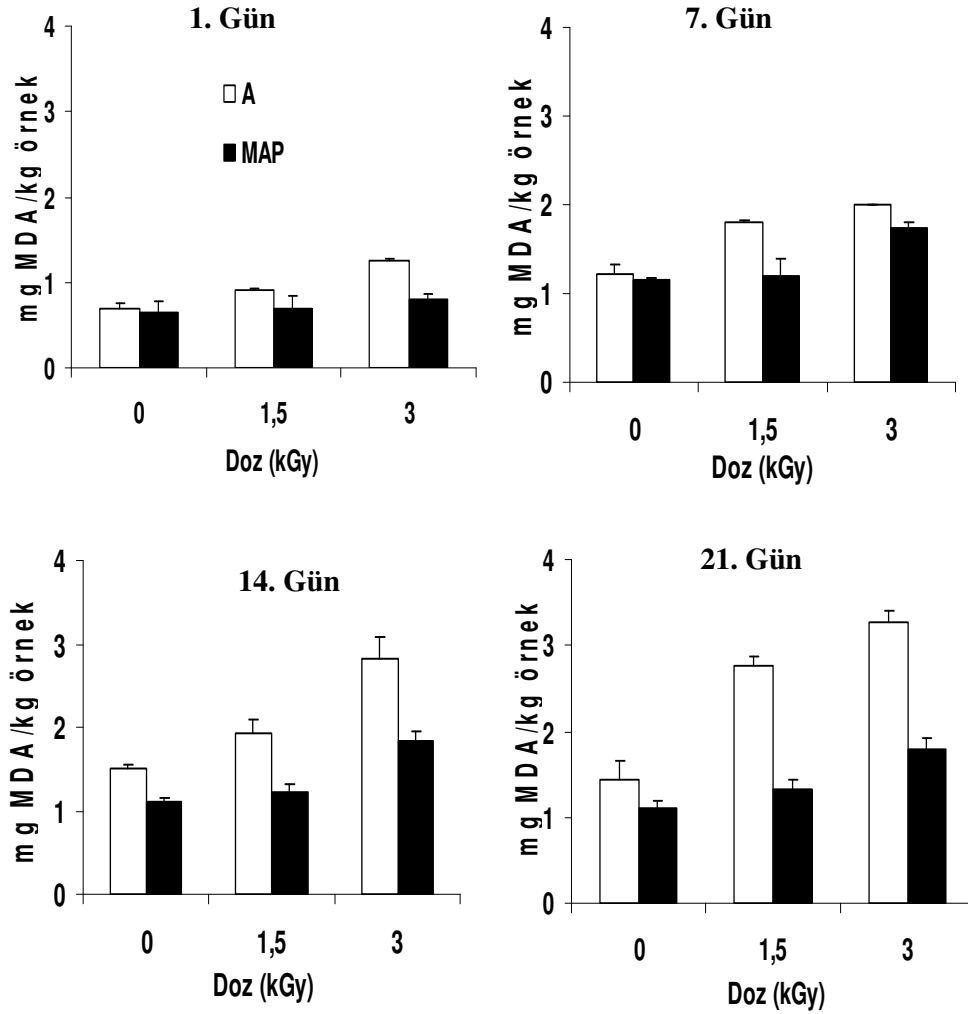
Tablo 3.5: MAP ve Hava Atmosferi ile Paketlenen Örneklerde Gaz Ölçümü Değerleri (Duyusal ve uçucu analizi için kullanılan paketler)

Depolama (Gün)	Doz (kGy)	Hava Atmosferi ile Paketleme		MAP	
		% O ₂	% CO ₂	% O ₂	% CO ₂
0		20,9	0,30	2,60	49,8
2	0	19,1	0,40	1,90	45,4
	1,5	18,7	0,45	2,20	44,7
	3	18,5	0,35	2,30	43,9
8	0	17,3	4,50	0,70	39,7
	1,5	19,3	3,50	1,50	41,7
	3	20,0	2,40	1,40	42,9
15	0	17,1	5,60	0,40	41,9
	1,5	19,3	3,50	0,56	40,6
	3	18,5	1,90	1,06	42,7

3.2.2 Yağ oksidasyonu

Işınlama dozu arttıkça, depolama sırasında köftelerde TBARS değerleri artmıştır (Şekil 3.4). 0, 1.5 ve 3kGy dozla ışınlanmış örneklerin TBARS değerleri sırasıyla ortalama 1.15, 1.48 ve 1.92 mg MDA/kg örnek bulunmuştur. Bu etkinin hava atmosferli paketlerde MAP'a (%3O₂+%50 CO₂) göre daha fazla olduğu görülmüştür. MAP paketlenmiş örneklerde 0 ve 1.5 kGy dozlar arasındaki farklılık önemli değildir. Depolamanın 21. gününde 3kGy dozla ışınlanmış MAP örnekleri ile ışınlanmamış hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerin TBARS değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Işınlanmış örneklerin TBARS değerleri zamanla ışınlanmamış örneklere göre daha fazla artmıştır.

Modifiye atmosferde paketlenmiş örneklerin TBARS değerleri hava atmosferi ile paketlenmiş örneklere göre önemli miktarda düşük bulunmuştur (p<0,05). 21 gün depomla sonucunda MAP örneklerin TBARS değerleri 0.64'ten 1,79 mgMDA/kg örnek artarken hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerin TBARS değerleri 0,69'dan 3,28 mgMDA/kg örnek artmıştır. Hava atmosferi ile paketlenen örneklerin TBARS değerleri zamanla hızlı bir şekilde artış gösterirken MAP örneklerin TBARS değerleri 7. günden sonra değişmemiştir. Örneklerin TBARS değerleri zamanla artmıştır (p<0,05).



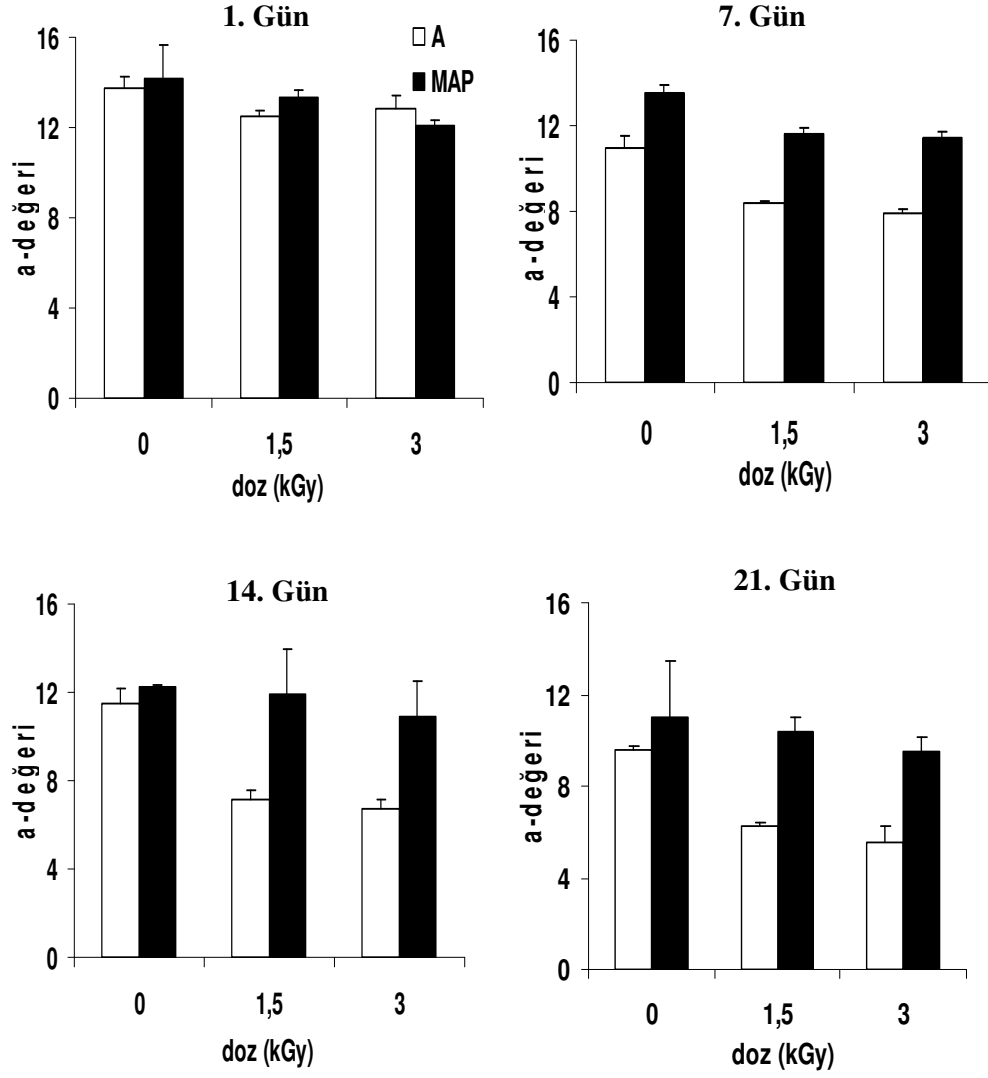
Şekil 3.4: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin (MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A:%21O₂+%0CO₂+%79N₂) 3±1°C’de Depolama Sırasında Köftelerin TBARS Değerleri Üzerine Etkisi

Bu sonuçlar yapılan benzer çalışmalarla uyum göstermektedir. Işınlama işlemi depolama boyunca yağ oksidasyonunu hızlandırmaktadır. Depolama boyunca ısınlanan örneklerin TBARS değerleri ısınlanmamış örneklerin TBARS değerlerinden fazla bulunmuştur (Nam ve Ahn, 2003b). Nam ve Ahn (2003c), yaptıkları çalışmada 3kGy dozla ısınladıkları hindi etlerini 10 gün süresince 5°C’de farklı koşullarda ambalajladıktan sonra depolamışlardır. 3 gün hava atmosferli ortamda depolanan örnekler, depolamanın son 7 günü vakum paketlerde bekletildiklerinde ısınlamaya bağlı yağ oksidasyonun sorun teşkil etmediği görülmüştür.

Hava atmosferli ve vakum ortamında paketlenen 0 ve 3kGy dozla ışınlanmış sığır etleri 7 gün depolanmıştır. Işınlama TBARS değerlerini sadece hava atmosferli paketlerde artırmıştır ve bu artış 7. günde önemli olmuştur. Vakum paketlenmiş örneklerin TBARS değerleri depomla süresi ve ışınlamadan etkilenmemiştir. (Kim ve diğ., 2002). Vakum ortamında paketlenmiş hindi hamları 2kGy dozla ışınlanmıştır. Işınlanmış örneklerin TBARS değerleri ilk gün kontrolden önemli miktarda yüksek bulunmuştur. Bu farklılık 7. ve 14. günlerde kaybolmuştur (Zhu ve diğ., 2003). Lee ve diğ. (2005), modifiye atmosfer paketlerde (N₂:CO₂=75:25) 5, 10 ve 20 kGy dozlarla ışınlamanın hamburger köftelerinin yağ oksidasyon değerleri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit etmişlerdir. Vakum, hava atmosferi ve %100 CO₂ ile paketlenen pişirilmiş domuz sosisleri 5 kGy dozla ışınlanmış ve 3 hafta depolanmıştır. TBARS ve renk değerleri üzerine vakum ve %100 CO₂ ile paketlenmiş örneklerde ışınlamanın etkisi bulunmamıştır (Jo ve diğ., 2003). Bu sonuçlar O₂'nin yağ oksidasyonu üzerinde en önemli faktör olduğunu göstermektedir.

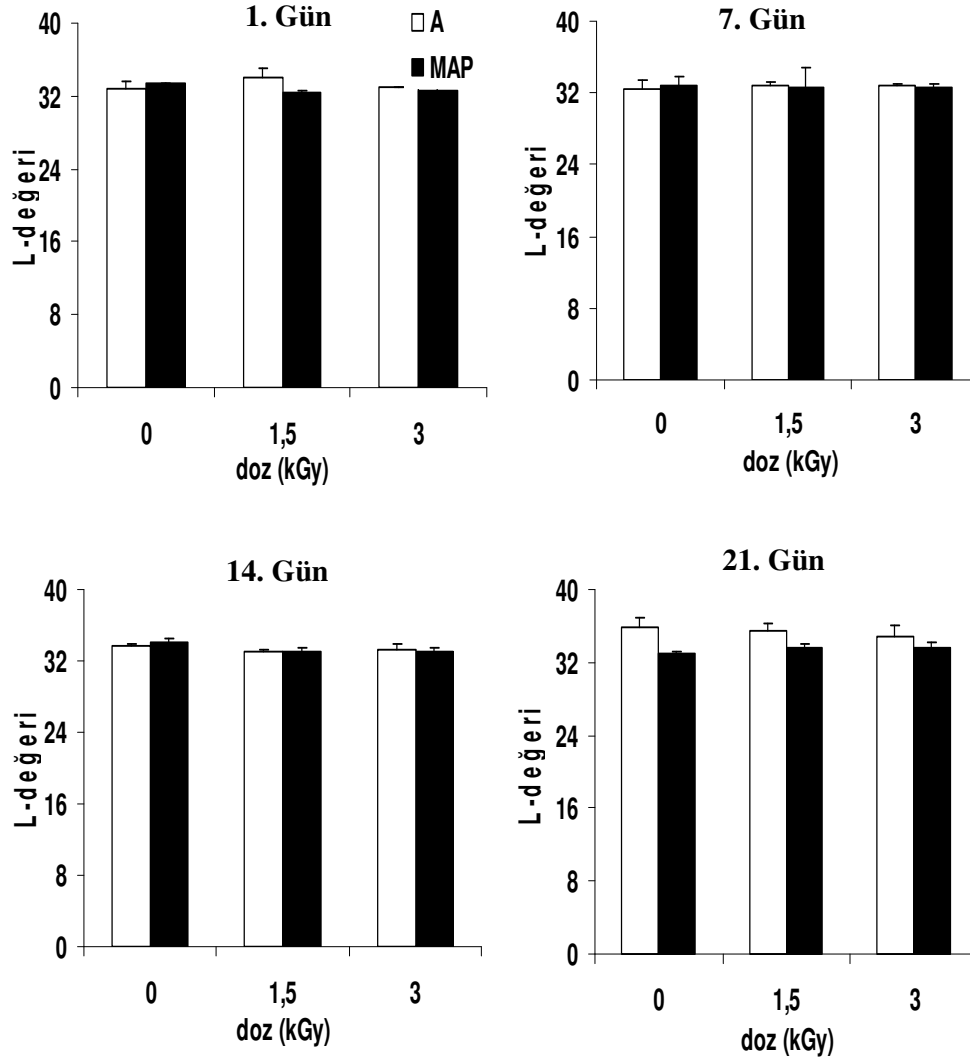
3.2.3 Renk değişimi

Işınlama dozu ile a-değerleri azalmıştır ancak 1,5 kGy ve 3 kGy dozlarda ışınlanan örneklerin a-değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. 0, 1.5 ve 3kGy dozla ışınlanmış örneklerin a-değerleri sırasıyla ortalama 12.2, 10,2 ve 9,4 bulunmuştur. Işınlamanın a-değerleri üzerindeki negatif etkisi MAP örneklerde hava atmosferli paketlere göre daha azdır (Şekil 3.5). Işınlama dozu ile depolama süresi arasındaki interaksyonun a-değerleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır (p>0,05). MAP örneklerde a-değeri 21 gün sonunda 13 ten 9.5'a azalırken hava atmosferi ile paketlenen örneklerde 5.5'e azalmıştır. MAP örneklerinde a-değerlerindeki azalma zamanla hava atmosferi ile paketlenmiş örneklere göre daha azdır. Genel olarak zamanla a-değerleri azalmıştır (p<0,05).



Şekil 3.5: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A:%21O₂+%0CO₂+%79N₂) 3±1°C’de Depolama Sırasında Köftelerin a-değerleri Üzerine Etkisi

Örneklerin L-değerleri ışınlamadan etkilenmemiştir ($p>0,05$) (Şekil 3.6). L-değeri üzerine paketlenme koşulunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. MAP örneklerde L-değerleri zamanla değişmezken hava atmosferli paketlerde artmıştır. Fakat bu artış ortalama 1.6 dır. Genel olarak zamanla L-değerleri artmıştır ($p<0,05$).

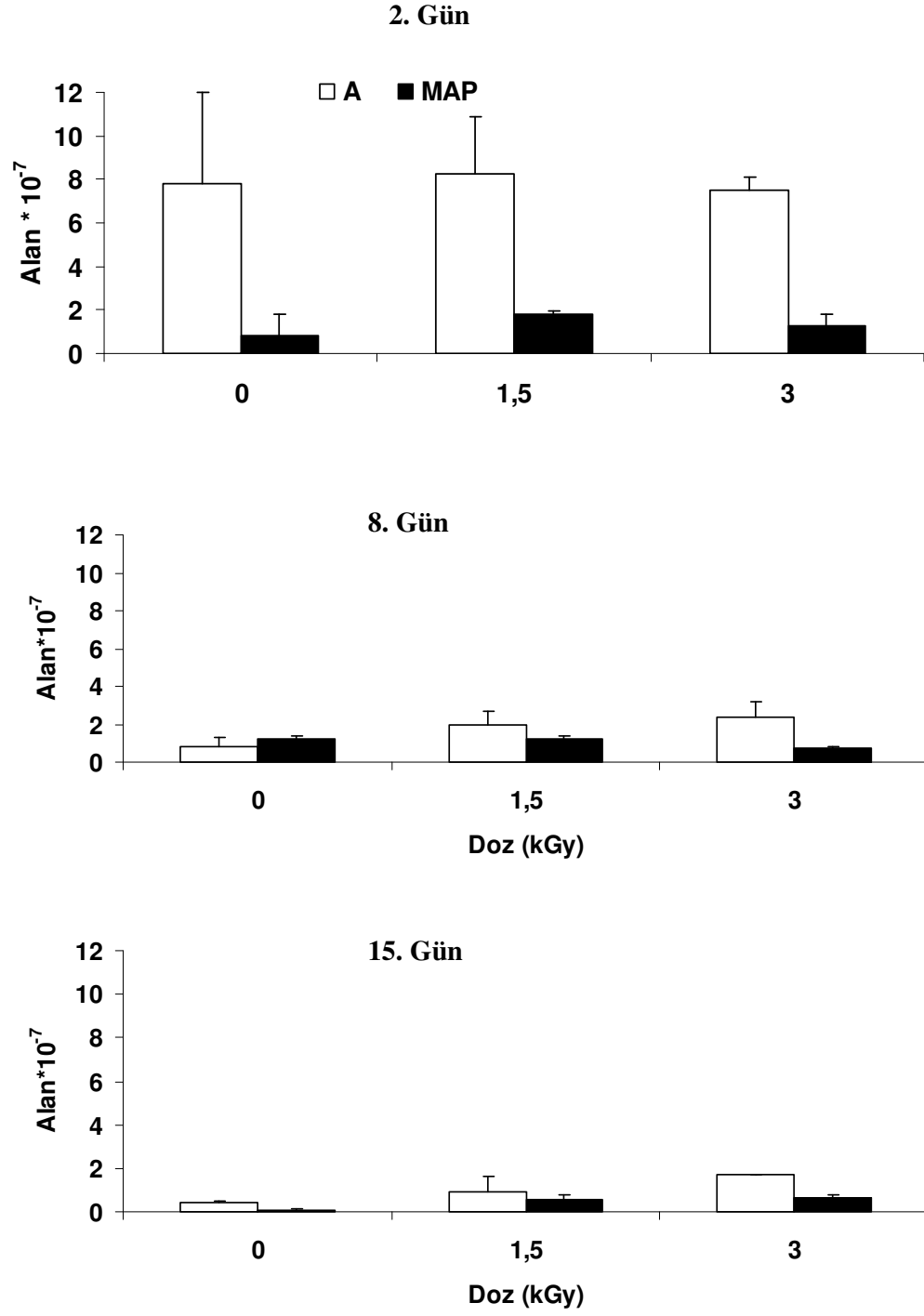


Şekil 3.6: Işınlama Dozu ve Paketlenme Şeklinin (MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A:%21O₂+%0CO₂+%79N₂) 3±1°C’de Depolama Sırasında Köftelerin L-değerleri Üzerine Etkisi

Literatürde yapılan benzer çalışmalar özetlenecek olursa, Işınlama sığır etini a^* -değerini azaltmıştır. Işınlamadan hemen sonra sığır etinin rengi parlak kırmızıdan yeşil kahverengine dönüşmüştür (Nam ve Ahn, 2003). 2kGy dozla ışınlanma, sığır kıymasının a^* -değerini azaltmıştır. Işınlanmış sığır kıyması parlak kırmızıdan koyu kahverengine dönüşmüştür (Montgomery ve diğ., 2003). Jo ve diğ. (1999) yaptıkları çalışmada domuz sosislerini hava atmosferli ve vakum ortamında paketlemişlerdir. Işınlama domuz sosislerini a -değerlerini hava atmosferli paketlerde azaltmıştır. Işınlanmış vakum paketlenmiş örneklerin a -değerleri ışınlanmamış hava atmosferli paketlerde her depomla gününde yüksek bulunmuştur. O_2 'nin domuz etlerinde renk üzerine etkisinin ışınlamadan daha fazla olduğu görülmüştür Nam ve Ahn (2003); Nanke ve Ahn (1998), ışınlamanın domuz, hindi, sığır ve sığır kıymasında L^* -değerlerini etkilemediğini tespit etmişlerdir.

3.2.4 Uçucu bileşenler

Köfte örneklerinde 19,81 dakikada gelen pikin metildisülfür olduğu düşünülmektedir. Metildisülfür 19,40 dakikada dedektöre gelmiştir. Işınlama dozu ile pik alanı artmıştır ancak 1,5 kGy ve 3 kGy dozlarda ışınlanan örneklerin pik alanları arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Şekil 3.7). Işınlama dozu ile depolama süresi arasındaki interaksyonun pik alanı üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$). Modifiye atmosferde paketlenmiş örneklerin pik alanı hava atmosferi ile paketlenmiş örneklere göre önemli miktarda düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Modifiye atmosferde paketlenmiş örneklerin pik alanı ilk 7 gün değişmezken 7. günden sonra azalmıştır. Hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerin pik alanı zamanla azalmıştır. Genel olarak örneklerin pik alanı zamanla azalmıştır ($p<0,05$).



Şekil 3.7: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin (MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A:%21O₂+%0CO₂+%79N₂) 3±1°C’de Depolama Sırasında Köftelerin 19,812 Dakikada Gelen Pikin Alanı Üzerine Etkisi

Ahn ve diğ., (2000b), domuz etini 5 ve 10 kGy dozla ışınladığı ve 4°C’de vakum ve hava atmosferli ortamda depoladığı çalışma sonucunda, kükürt bileşenleri yeni oluşan bileşenlerin çoğunluğunu oluşturmuştur. Oluşan kükürtlü bileşenler hava atmosferli ortamda kolaylıkla kayboldukları gözlenmiştir. 5 günlük depolama sonucunda vakum paketlerde depolanan etlerde dimetilsülfür miktarı 1. güne göre yaklaşık altı kat artarken, hava atmosferi ile paketlenen örneklerde ise % 25-50 oranında azalmıştır. Uçucu madde oluşumu üzerine etki en fazla ışınlamadan, daha sonra paketlenmeden ve en sonunda ise depolama süresinden kaynaklanmıştır. Kim ve diğ. (2002), hindi, domuz ve sığır etlerini, 3kGy dozla ışınladıkları ve 4°C’de 7 gün depoladıkları çalışma sonucunda ise, tüm örneklerde, ışınlamanın oluşan uçucu madde miktarını arttırdığını, en fazla uçucu maddenin sığır etinde oluştuğunu belirtmişlerdir.

Köfte örneklerinde depolamanın 2.gününde 17.39, 23.25, 29.80 ve 32.53 dakikalarda gelen pikler tanımlanamamıştır o nedenle geliş sürelerine göre değerlendirilmiştir (Tablo D.2). Köfte örneklerinde depolamanın 2. gününde hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerde 17,39 dakikada gelen pikin alanı üzerinde ışınlamanın etkisi önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Köfte örneklerinde 23.25, 32,53 dakikada gelen pikin alanı üzerine ışınlama ve paketlenme koşulunun önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 3.8). Köfte örneklerinde 29,80 dakikada gelen pikin alanı üzerine ışınlamanın etkisi önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). MAP paketlerde oluşan pikin alanı hava atmosferli paketlere göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur (Tablo 3.6). Ayrıca oluşan bu pikler depolama ile paketten uzaklaşmıştır.

Tablo 3.6: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de Depolama Sırasında Köftelerin Farklı Dakikalarda Gelen Piklerin Alanları Üzerine Etkisi

17,39 dakikada gelen pik (Alan*10⁻⁵)			
Depolama (Gün)	Doz (kGy)	A	MAP
2	0	36,63±8,63	*
	1.5	28,26±3,20	*
	3	34,29±0,13	*
8	0	*	*
	1.5	*	*
	3	*	*
15	0	*	*
	1.5	*	*
	3	*	*
23,25 dakikada gelen pik (Alan*10⁻⁵)			
Depolama (Gün)	Doz (kGy)	A	MAP
2	0	64,78±20,95	19,60±27,72
	1.5	26,20±2,43	0,00±0,00
	3	19,77±27,95	20,31±1,18
8	0	*	*
	1.5	*	*
	3	*	*
15	0	*	*
	1.5	*	*
	3	*	*
29,80 dakikada gelen pik (Alan*10⁻⁵)			
Depolama (Gün)	Doz (kGy)	A	MAP
2	0	47,62±15,70	6,76±9,56
	1.5	44,78±10,31	0,00±0,00
	3	36,89±2,72	0,00±0,00
8	0	*	*
	1.5	*	*
	3	*	*
15	0	*	*
	1.5	*	*
	3	*	*
32,53 dakikada gelen pik (Alan*10⁻⁵)			
Depolama (Gün)	Doz (kGy)	A	MAP
2	0	10,42±1,89	8,88±12,56
	1.5	6,34±5,02	0,00±0,00
	3	11,81±2,60	1,75±2,48
8	0	*	*
	1.5	*	*
	3	*	*
15	0	*	*
	1.5	*	*
	3	*	*

*Tespit edilmemiştir.

3.3 Duyusal Özelliklerdeki Değişimler

3.3.1 Pişirilmemiş köftelerin duyusal özelliklerindeki değişimler

3.3.1.1 Işınlama kokusu

Işınlama sonucunda oluşan karakteristik koku çiğ örneklerde panelistler tarafından önemli bulunmuştur. Bunun yanında 1,5 ve 3kGy dozların etkileri arasında fark bulunmamıştır. Bu etki MAP örneklerde daha az bulunmuştur (Tablo 3.7). Işınlama dozu ile depolama süresi arasındaki interaksiyon önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). MAP örneklerde ışınlama kokusunun hava atmosferli paketlerdeki örneklerle göre daha az olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). 1,5 ve 3kGy dozlarda ışınlanmış MAP örneklerde sırasıyla ışınlama kokusu ortalama 3,6 ve 3,5 olarak gözlenirken hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerde ortalama 5 ve 6,4 bulunmuştur. Paketleme koşulu ile depolama süresi arasındaki interaksiyon önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Depolamanın 8. gününde ışınlama kokusu 2. günden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. 2. gün ile 15. gün arasında ise önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Depolamanın her gününde ışınlanmış örnekler kontrolden yüksek bulunmuştur.

Tablo 3.7: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de Depolama Sırasında Pişirilmemiş Köftelerin Işınlama Kokusu Değerleri Üzerine Etkisi

Depolama (gün)	Paketleme	Işınlama Kokusu		
		0kGy	1,5kGy	3kGy
2	MAP	1,25 $\pm$ 1,36	3,08 $\pm$ 2,23	3,67 $\pm$ 1,83
	A	0,75 $\pm$ 1,22	3,25 $\pm$ 2,67	4,67 $\pm$ 1,83
8	MAP	2,00 $\pm$ 1,87	5,88 $\pm$ 2,98	4,88 $\pm$ 2,47
	A	0,63 $\pm$ 0,99	8,25 $\pm$ 5,07	8,25 $\pm$ 4,87
15	MAP	0,80 $\pm$ 1,93	3,40 $\pm$ 2,88	3,10 $\pm$ 3,11
	A	0,50 $\pm$ 0,71	4,60 $\pm$ 3,72	6,70 $\pm$ 4,50

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A: %21O₂+%0CO₂+%79N₂)

Yapılan çalışmaların önemli bir bölümünde çalışmamıza benzer sonuçlar elde edilmiştir. Panelistler ışınlama kokusunun varlığını doğrularken, farklı dozlarda ışınlanmış örnekleri birbirinden ayırt edememişlerdir. Wheeler ve diğ. (1995), dondurulmuş sığır eti kıymalarını vakum paketledikten sonra 3 ve 4,5 kGy dozda ışınlamışlardır. Örnekler -28°C 'de 27 gün depolandıktan sonra 7 kişilik eğitimli panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir. Kötü koku açısından her iki dozda ışınlanan örnekler kontrolden önemli derecede yüksek çıkarken farklı dozlarda

ışınlanan örnekler birbiriden ayırt edilmemişlerdir. Işınlama sonucunda oluşan kötü koku değerlendirmesi açısından vakum ambalajlarda paketlenerek 2kGy gibi düşük dozla ışınlanan sığır eti kıymaları hem depolamanın ilk günü hem de 6. gününde kötü koku açısından kontrolden önemli derecede yüksek sonuçlar elde edilmiştir (Montgomery ve diğ., 2003). Literatürde farklı sonuçların alındığı çalışmalar mevcuttur. 0, 0.75, 3 ve 5 kGy dozla ışınlanmış -18°C’de 9 ay depolamış tavuk etlerinin koku ve aromasına ışınlamanın etkisi tespit edilmemiştir. Işınlanmış ve ışınlanmamış örnekler aynı kabul edilir skoru almıştır (Javanmard ve diğ., 2006).

Metildisülfür olduğu düşünülen pikin bulguları pişirilmemiş örneklerde ışınlama kokusu sonuçları ile uyum göstermektedir. Köfte örneklerinde ışınlama kokusundan bu bileşik sorumlu olabilir. Literatürde de ışınlanmış etlerde ışınlama sonucu oluşan kükürt bileşenler ışınlama kokusundan sorumlu ana bileşenler olduğu belirtilmektedir. Bu bileşenler düşük yoğunluktadır ve paketten hızla uzaklaşmaktadır.

Yapılan çalışmalarda, ışınlama sonucunda oluşan karakteristik ışınlama kokusu sığır eti kıyması, domuz ve tavuk etlerinde depolama ile azalmıştır. (Ahn ve diğ., 2000b; Gomes ve diğ., 2003; Ahn ve diğ., 1998; Montgomery ve diğ., 2003). Ahn ve ark., (2000b), domuz etini 0, 5 ve 10 kGy dozla ışınladığı ve 4°C’de vakum ve aerobik ortamda depoladığı çalışma sonucunda, ışınlanma etin kabul edilirliliğini etkilememiştir ve panelistlerin % 70’i oluşan kokuyu barbekü edilmiş mısır kokusuna benzetmiştir. Ancak bazı panelistler bu kokuyu yanık, kanlı, keskin ve kükürt kokusuna benzetmişlerdir. Işınlanmış et ürünlerinde oluşan ışınlama kokusu ayrıca literatürde, ransit, metalik, tatlı, asidik ve bayat olarak tanımlanmıştır (Montgomery ve diğ., 2003).

3.3.1.2 Renk

Işınlama sonucunda oluşan renkteki değişimin çiğ örneklerde panelistler tarafından önemli bulunurken 1,5 ve 3kGy dozların etkileri arasındaki fark önemli bulunmamıştır (Tablo 3.8). Işınlama ile köftelerin kiremit turuncusu rengi hafif kahverengine dönüşmüştür. MAP örneklerde ışınlama ile renkteki değişim hava atmosferli paketlerdeki örneklere göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Işınlama dozu ve depolama süresi arasındaki ikili interaksiyonun etkisi önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) Kontrol örneklerin rengi ortalama 14 bulunmuştur. 1,5 ve 3 kGy dozla

ışınlanmış hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerde sırasıyla renk ortalama 8,4 ve 8 gözlenirken MAP örneklerde sırasıyla ortalama 10 ve 9,5 bulunmuştur. Depolama süresi ile paketlenme koşulu arasındaki ikili interaksyonun etkisi önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Depolamanın 8.günü köftelerin rengi 2. günden önemli miktarda yüksek bulunmuştur. 2. gün ile 15.gün arasındaki farklılık önemli değildir.

Tablo 3.8: Işınlama Dozu ve Paketlenme Şeklinin $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de Depolama Sırasında Pişirilmemiş Köftelerin Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Depolama (gün)	Paketleme	Renk		
		0kGy	1,5kGy	3kGy
2	MAP	11,58 $\pm$ 2,31	9,50 $\pm$ 1,88	9,50 $\pm$ 2,58
	A	14,00 $\pm$ 1,41	7,67 $\pm$ 2,27	8,08 $\pm$ 2,07
8	MAP	12,63 $\pm$ 0,92	12,13 $\pm$ 1,46	10,50 $\pm$ 1,41
	A	14,75 $\pm$ 0,46	9,25 $\pm$ 1,04	8,63 $\pm$ 1,85
15	MAP	13,33 $\pm$ 1,83	9,42 $\pm$ 2,43	8,83 $\pm$ 2,76
	A	12,83 $\pm$ 1,64	8,58 $\pm$ 3,15	7,00 $\pm$ 3,49

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A:%21O₂+%0CO₂+%79N₂)

Yapılan çalışmada, köftelerin rengi sığır kıymasından ve baharat karışımından gelmektedir. Işınlama sonucunda hava atmosferi ile paketlenmiş köftelerin rengi hafif kahve rengine dönüşmüştür. Modifiye atmosfer paketlenme 15 gün depolama sonucunda köftelerin rengini önemli ölçüde korumuştur.

Literatürde yapılan benzer çalışmalar özetlenecek olursa. Işınlamadan hemen sonra sığır etinin rengi açık kırmızıdan yeşil kahverengine dönüştüğü görülmüştür. (Nam ve Ahn, 2003). Nam ve Ahn (2004), 2,5 kGy ışınlamanın sığır eti kıymalarında kırmızılık a^* -değerini 5 birim düşürdüğünü belirtmiştir. 4°C 'de oksijen geçiren ambalajlarda depolanan kontrol örneğinde depolamanın 7. gününde a^* -değeri 2 birim azalırken, ışınlanan örneklerde ise 4 birim azalmıştır. Işınlama O₂ ile kombine edildiğinde renk üzerindeki olumsuz etkisi artmaktadır (Ahn ve diğ., 1998). Bizim çalışmamızda modifiye atmosfer paketlenme a -değerini depolama boyunca önemli ölçüde korumuştur. Javanmard ve diğ. (2006) yaptığı çalışmada, 5kGy doza kadar ışınlanmış -18°C 'de 9 ay depolamış tavuk etinin renginde panelistler önemli bir değişiklik tespit etmemiştir. Işınlanmış ve ışınlanmamış örnekler aynı kabul edilir skoru almıştır. Montgomery ve diğ. (2003), 2kGy dozla ışınlanan sığır eti kıymalarının a^* -değerinin azatlığını ve panelistlerin ışınlanan örneklerin renginin daha koyu olarak değerlendirdiğini belirtmişlerdir. Sığır köftesi ve sığır kıyması 0, 3, 6 ve 9kGy dozlarda ışınlanıp 14 gün 4°C 'de depolandığı çalışmada, köftelerin ve

kıymanın kırmızılığın ışınlama ile azaldığı ve kahverengileşme olduğu bunun kıymada köfteye göre daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Karadağ, 2005).

3.3.1.3 Baharat kokusu

İşinlama dozu ve ışınlama dozu ile paketleme koşulu arasındaki ikili interaksyonun etkisi baharat kokusu üzerinde etkisi önemli bulunmuştur. Diğer özelliklerin etkisi önemli bulunmamıştır.

Panelistler, ışınlanan örneklerdeki baharat kokusunun azaldığını belirtmişlerdir ($p<0,05$). Fakat 1,5 ve 3kGy dozları baharat kokusu açısından ayırt edememişlerdir. Hava atmosferi ile paketlenen örneklerde baharat kokusundaki azalma MAP örneklerden daha fazladır (Tablo 3.9). Işınlanmış hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerde baharat kokusu ortalama 2 gözlenirken ışınlanmış MAP örneklerde ortalama 3,8 bulunmuştur. Bu sonuç Karadağ (2005) tarafından yapılan çalışmayla uyum göstermektedir. Sığır köftesi ve sığır kıyması 0, 3, 6 ve 9kGy dozlarda ışınlanıp 14 gün 4°C'de depolandığı çalışmada, panelistler ışınlama ile örneklerde farklı bir kokunun oluştuğu ve baharat kokusunun azaldığı şeklinde yorumlar yapmışlardır.

Tablo 3.9: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de Depolama Sırasında Pişirilmemiş Köftelerin Baharat Kokusu Değerleri Üzerine Etkisi

Depolama (gün)	Paketleme	Baharat Kokusu		
		0kGy	1,5kGy	3kGy
2	MAP	4,30 $\pm$ 4,61	2,30 $\pm$ 1,62	2,20 $\pm$ 2,68
	A	9,10 $\pm$ 4,37	2,10 $\pm$ 2,43	1,70 $\pm$ 2,24
8	MAP	8,25 $\pm$ 5,09	4,13 $\pm$ 2,90	3,75 $\pm$ 3,11
	A	7,63 $\pm$ 5,26	3,00 $\pm$ 3,51	2,25 $\pm$ 2,31
15	MAP	8,38 $\pm$ 6,21	2,38 $\pm$ 2,67	4,50 $\pm$ 4,38
	A	9,88 $\pm$ 4,39	1,00 $\pm$ 1,41	1,00 $\pm$ 0,76

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A: %21O₂+%0CO₂+%79N₂)

Panelistler farklı dozlarda ışınlanan ve paketlenen çiğ köfteleri genel olarak değerlendirdiklerinde, panelistlerin beğeni oranları tablo 3.10'de gösterilmiştir.

Tablo 3.10: Farklı Dozlarda Işınlanan ve Paketlenen Pişirilmemiş Köftelerin 15 Gün Depolama Süresi Boyunca % Olarak Örnekleri Beğenen Panelistlerin Oranı

Depolama(gün)	MAP			A		
	0 kGy	1,5kGy	3 kGy	0 kGy	1,5kGy	3 kGy
2	66	92	66	92	66	50
8	80	70	50	70	50	50
15	30	30	70	60	20	30

Depolama boyunca örneklerde kokuşma kokusu tespit edilmemiştir. Depolamanın 15. gününde 3 kGy dozla ışınlanmış hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerde ransit koku tespit edilmiştir. Et ürünlerinde ransit kokuya neden olan oksidasyon malonaldehit miktarının ölçülmesiyle belirlenir. Bu değerin ette 2-5 mg MDA/kg veya yüksek olması durumunda tüketicilerin üründeki oksidasyonu fark edebildiği ve ürünün kabul edilebilirliğini olumsuz etkilediği belirtmişlerdir (Berruga ve ark, 2005; Instatu ve ark., 2001). Bu çalışmada, 14.günde 3kGy dozla ışınlanmış hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerde TBARS değerlerinin de literatüre uygun olarak 2,82 mg MDA/kg örnek olarak bulunması bu sonucu doğrulamaktadır. MAP örneklerde depolamanın 21. günde 3kGy dozla ışınlanmış örneklerin TBARS değerleri >2mg MDA/kg örnek değerini aşmamıştır. Depolamanın 2. ve 8. günlerinde panelistlerin % 50 si bütün örnekleri beğenmiştir. Depolamanın 15.günü bütün duyuşal özellikler birlikte değerlendirildiğinde 3kGy doza kadar ışınlanmış ve modifiye atmosfer paketlenmiş en beğenilen örneklerdir.

3.3.2 Pişirilmiş köftelerin duyuşal özelliklerindeki değışimler

3.3.2.1 Işınlama kokusu

Pişirilmiş örneklerde yapılan duyuşal değerlendirmede, ışınlama ile karakteristik kokunun artışı görülmüştür. Işınlama dozu artıkça ışınlama kokusu artmıştır. Işınlama kokusu sırasıyla 1,5 kGy ve 3 kGy dozla ışınlanmış örneklerde ortalama 3,2 ve 5,2 tespit edilmiştir (Tablo 3.11). Pişirme işlemi ışınlama kokusunu baskılamamıştır. Depolamanın 8. günündeki ışınlama kokusu 2. günden yüksek bulunmuştur. 2. gün ile 15 gün arasındaki farklılık önemli değildir. Paketleme koşulu ve ışınlama dozu arasındaki interaksyon önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Çiğ örneklerde paketleme koşulu ışınlama kokusunu azaltmışken pişirilmiş örneklerde etkisi gözlenmemiştir. Ayrıca çiğ örneklerde 1.5 ve 3kGy dozlar arasında fark tespit edilmemiştir. Pişirilmiş örneklerde 1.5 ve 3kGy dozlar arasında fark önemli bulunmuştur. Paketleme koşulu ışınlama kokusunu etkilememiştir ($p>0,05$). Depolamanın 2. ve 15. günlerinde ışınlama kokusu paketleme koşulundan etkilenmezken, 8. günde MAP örneklerde ışınlama kokusu hava atmosferi ile paketlenen örnekler göre daha az bulunmuştur.

Tablo 3.11: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin 3±1°C’de Depolama Sırasında Pişirilmiş Köftelerin Işınlama Kokusu Değerleri Üzerine Etkisi

Depolama (gün)	Paketleme	Işınlama Kokusu		
		0kGy	1,5kGy	3kGy
2	MAP	1,90±1,79	2,60±1,84	3,40±2,46
	A	0,80±1,32	2,10±1,66	4,10±2,42
8	MAP	1,50±2,35	4,67±2,50	5,67±4,59
	A	1,67±2,25	7,00±2,97	11,00±2,53
15	MAP	2,25±2,38	1,50±1,60	3,88±3,87
	A	0,63±1,41	3,00±2,88	3,00±4,63

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A: %21O₂+%0CO₂+%79N₂)

3.3.2.2 Baharat kokusu

Baharat kokusu üzerine sadece ışınlama dozunun etkisi gözlenmiştir (p<0,01) diğer özelliklerin etkisi gözlenmemiştir (p>0,05). Işınlama ile pişirilmiş örneklerde baharat kokusu azalmıştır. Bunun yanında 1,5 ve 3kGy dozların etkileri arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Işınlanmamış örneklerde baharat kokusu ortalama 5,6 iken 1,5 ve 3 kGy dozla ışınlanmış örneklerde sırasıyla 3,7 ve 2,5 bulunmuştur (Tablo 3.12).

Tablo 3.12: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin 3±1°C’de Depolama Sırasında Pişirilmiş Köftelerin Baharat Kokusu Değerleri Üzerine Etkisi

Depolama (gün)	Paketleme	Baharat kokusu		
		0kGy	1,5kGy	3kGy
2	MAP	2,38±1,60	3,88±1,81	0,75±0,71
	A	6,50±2,78	3,75±2,43	1,75±2,19
8	MAP	6,83±3,37	4,83±3,97	6,50±4,04
	A	5,67±5,05	3,67±2,94	1,00±1,26
15	MAP	6,83±4,71	3,17±4,07	3,50±3,73
	A	5,83±4,88	2,83±3,82	1,50±1,87

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A: %21O₂+%0CO₂+%79N₂)

3.3.2.3 Renk, pişmiş tat, dokuda sıkılaşıma

Panelistler pişirilmiş örneklerin renkleri arasında önemli bir farklılık tespit etmemişlerdir (Tablo 3.13). Fakat tüketiciler ürünü raftan çiğ olarak alacakları için çiğ örneklerdeki renk değişimi tüketicilerin beğenirliğini etkileyebilir.

Tablo 3.13: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin 3±1°C’de Depolama Sırasında Pişirilmiş Köftelerin Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Depolama (gün)	Paketleme	Renk		
		0kGy	1,5kGy	3kGy
2	MAP	10,75±2,82	11,75±1,39	10,88±2,70
	A	9,25±2,12	10,88±3,14	11,50±1,51
8	MAP	10,13±2,23	11,63±2,56	11,75±2,43
	A	9,75±2,71	11,00±2,67	11,63±2,07
15	MAP	10,10±2,28	11,10±2,85	12,10±2,28
	A	11,70±1,34	10,00±1,70	10,40±1,71

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A: %21O₂+%0CO₂+%79N₂)

Köftelerin pişmiş tadı ışınlama ve paketleme koşullarından etkilenmemiştir (p>0,05) (Tablo 3.14).

Tablo 3.14: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin 3±1°C’de Depolama Sırasında Pişirilmiş Köftelerin Pişmiş Tat Değerleri Üzerine Etkisi

Depolama (gün)	Paketleme	Pişmiş tat		
		0kGy	1,5kGy	3kGy
2	MAP	9,17±1,64	8,33±1,50	8,75±1,82
	A	9,00±2,09	8,50±2,88	9,58±2,19
8	MAP	8,00±2,58	9,40±2,91	8,70±1,49
	A	8,10±1,60	9,40±2,12	8,50±3,63
15	MAP	-	-	-
	A	-	-	-

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A: %21O₂+%0CO₂+%79N₂)

15 günde güvenlik açısından tadım yapılmamıştır.

Köftelerin dokusu sadece depolama süresinden etkilenmiştir (p<0,05). Işınlama ve paketleme koşullarından etkilenmemiştir (p>0,05) (Tablo 3.15). Köftelerin dokusu zamanla sıkılaştırmıştır. 2. gün 8. ve 15. günden farklıdır. 8. ve 15. gün arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli değildir.

Tablo 3.15: Işınlama Dozu ve Paketleme Şeklinin 3±1°C’de Depolama Sırasında Pişirilmiş Köftelerin Dokuda Sıkılaştırma Değerleri Üzerine Etkisi

Depolama (gün)	Paketleme	Dokuda Sıkılaştırma		
		0kGy	1,5kGy	3kGy
2	MAP	9,10±1,91	9,10±1,91	8,90±2,13
	A	8,00±2,31	8,90±1,60	8,20±1,75
8	MAP	10,70±2,75	11,60±2,01	10,80±2,74
	A	10,00±2,87	10,90±2,69	11,30±1,83
15	MAP	10,83±1,75	11,67±2,06	12,00±1,81
	A	9,75±2,26	11,67±1,97	11,17±1,85

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A: %21O₂+%0CO₂+%79N₂)

Piştirilmiş köftelerde yapılan çalışma sonuçları literatürdeki diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Sığır köfteleri 0, 1, 2, 3 ve 4 kGy de ışınlanmış ve 4°C’de 7 gün depolanmıştır. Köfteler iç sıcaklığı 75°C’de 30 dakika piştirilmiştir. Panelistler ışınlanmış ve ışınlanmamış örneklerin tatları arasında fark tespit etmemişlerdir. Panelistler bütün örnekleri kabul edilir bulmuşlardır (Giroux ve diğ., 2001). Geleneksel Hindistan kebabı, tavuk eti ve domuz salamı 0 (kontrol), 1, 2 ve 3 kGy dozla ışınlanmıştır. Tavuk eti buharla piştirilmiş, kebab ve salamlar kızartılmış olarak panelistlere sunulmuştur. Işınlanmış etlerin görünüş, doku ve tadı (lezzeti) kontrolden farklı bulunmamıştır ve örneklerin hepsi kabul edilir bulunmuştur. Işınlama kokusu tespit edilmemiştir. Depolama sonunda sadece 3kGy dozla ışınlanmış örnekler kabul edilir bulunmuştur (Kanatt ve diğ., 2005). 2 kGy dozla ışınlanmış çiğ sığır eti analiz günü piştirilmiştir. Pişmiş et kokusu (cooked odor), sululuk, sertlik (tenderness) ışınlamadan etkilenmemiştir. Işınlama ile oluşan kötü koku kontrolden önemli derecede yüksek bulunmuştur (Montgomery ve diğ., 2003).

Panelistler farklı dozlarda ışınlanan ve paketlenen piştirilmiş köfteleri genel olarak değerlendirdiklerinde, panelistlerin beğeni oranları tablo 3. 16’de gösterilmiştir.

Tablo 3.16: Farklı Dozlarda Işınlanan ve Paketlenen Piştirilmiş Köftelerin 15 Gün Depolama Süresi Boyunca % Olarak Örnekleri Beğenen Panelistlerin Oranı

Depolama(gün)	MAP			A		
	0 kGy	1,5kGy	3 kGy	0 kGy	1,5kGy	3 kGy
2	40	70	40	80	50	60
8	60	60	70	80	60	40
15	40	50	70	80	20	20

(MAP: %3O₂+%50CO₂+%47N₂, A:%21O₂+%0CO₂+%79N₂)

Depolama boyunca örneklerde kokuşma kokusu tespit edilmemiştir. Depolamanın 15. gününde 3 kGy dozla ışınlanmış hava atmosferi ile paketlenmiş örneklerde ransit koku tespit edilmiştir. Depolamanın 2. ve 8. günlerinde panelistlerin % 50 si 3kGy ışınlanmış hava atmosferi ile paketlenmiş örnekler hariç bütün örnekleri beğenmiştir. Depolamanın 15.günü bütün duyuşal özellikler birlikte değerlendirildiğinde 3kGy doza kadar ışınlanmış MA paketlenmiş örnekler beğenilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında pişirilmeye hazır köftelerde ıslanlama ve MAP'ın kombine etkisini araştırmak için iki deneme gerçekleştirilmiştir. İlk denemede; ıslanlama dozu (0-4 kGy) ve farklı O₂ (%0, 5, 21) ve CO₂ (%0, 50) konsantrasyonlarında paketlemenin soğukta depolan pişirmeye hazır köftelerde renk değışimi, yağ oksidasyonu ve uçucu bileşenlerdeki değışimler incelenmiştir. İkinci denemede daha dar ıslanlama dozları (0-3 kGy) ile modifiye atmosferde (%3O₂+%50CO₂) paketlemenin soğukta depolan pişirmeye hazır köftelerin duysal özellikleri, yağ oksidasyonu, renk ve uçucu bileşenler üzerine etkisi incelenmiştir.

Bulgularda ıslanlama ile köftelerde yağ oksidasyonun arttığı ve a-değerlerinin azaldığı bulunmuştur. Oksijen varlığının yağ oksidasyonu ve renk değışimi üzerine etkisinin ıslanlamanın etkisinden daha yüksek olduğu görölmüştür. Oksijensiz veya düşük oksijen içeren modifiye atmosferde paketlenen ıslanlanmış köfteler oksidasyon, renk ve duysal kaliteyi soğuk depolama sırasında önemli ölçüde korumuştur. Anaerobik patojen riskini ortadan kaldırmak için ambalajlarda düşük O₂ bulunması önerilebilir. Bu nedenle yapılan çalışmalar sonucunda pişirmeye hazır köfteler için optimum ambalaj koşulları %3O₂+%50CO₂+%47N₂ şeklinde belirlenmiştir

Sonuç olarak, %3O₂+%50CO₂+%47N₂ ve 3 kGy doza kadar ıslanlama 21 günlük depolama sırasında fiziksel, kimyasal ve duysal kalite parametrelerini korumuştur.

KAYNAKLAR

- Ahn, D.U., 2002. Production of volatiles from amino acid homopolymers by irradiation, *Food Chemistry and Toxicology*, **67**, 2565-2570.
- Ahn, D.U., Jo, C., Du, M., Olson, D.G. and Nam, K.C., 2000a. Quality characteristics of pork patties irradiated and stored in different packaging and storage conditions, *Meat Science*, **56**, 203-209.
- Ahn, D.U., Jo, C., and Olson, D. G., 2000b. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork, *Meat Science*, **54**, 209-215.
- Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Chen, X., Wu, C. and Lee, J. I., 1998. Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production and color in raw pork patties, *Meat Science*, **49**, 27-39.
- Ahn, D.U., Olson, D.G., Lee, J.I., Jo, C., Wu, C. and Chen, X., 1998a. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties, *Journal of Food Science*, **63**, 15-19.
- Ahn, D. U., Sell, J. L., Jeffery, M., Jo, C., Chen, X., Wu, C., et al., 1997. Dietary vitamin E affects lipid oxidation and total volatiles of irradiated raw turkey meat. *Journal of Food Science*, **62**, 954– 958.
- Ahn, H.J., Kim J.H., Jo, C., Lee, J.W., Yook, H.S., Kim, H.Y., Byun, M.W., 2004. Combined effects of gamma irradiation and a modified atmospheric packaging on the physicochemical characteristics of sausage, *Radiation Physics and Chemistry*, **71**, 51–54.
- Ajuyah, A.O., Fenton, T.W., Hardin, R.T. and Sim, J.S., 1993. Measuring lipid oxidation volatiles in meats, *Journal of Food Science*, **58**, 270-273.
- Anne, D.L., James, P.S. and Dodds, K.L., 1992. Physical, chemical and sensory changes in irradiated fresh pork packaged in modified atmosphere, *Journal of Food Science*, **57**, 1294-1299.
- Anonim., 2002. Gıda ışınlama yönetmeliği, Resmi Gazete. Tarih: 15.10.2002, sayı:24907
- Anonim., 2007. Gamma ışınlama tesisi, Ulaşılan tarih: 10.10.2007. <http://www.gammapak.com/hakkimizda.html>

- Anonim.,** 2000. Solid phase microextraction: product information. Supelco, T413019A, Sigma-Aldrich Co.
- Anonim.,** 1999. Solid phase microextraction: Theory and optimization of conditions. Supelco, T198923A, Sigma-Aldrich Co.
- Berruga, M. I., Vergara, H. and Linares, M.B.,** 2005b. Control of microbial growth and rancidity in rabbit carcasses by modified atmosphere packaging, *Journal of Science of Food and Agriculture*, **85**, 1987-1991.
- Berruga, M. I. ve Gallego, H.V.L. and Vergara, H.,** 2005a. Influence of packaging conditions on microbial and lipid oxidation in lamb meat. *Small Ruminant Research*, **57**, 257-264.
- Blank, G. and Cumming, R.,** 2001. Irradiation, in Food shelf life stability: chemical, biochemical and microbiological changes, CRC Press LLC
- Brewer, M.S.,** 2004. Irradiation effects on meat color, *Meat Science*, **68**, 1-17.
- Cava, R., Tarrega R., Ramirez, M.R., Mingoarranz, F.J. and Carrasco, A.,** 2005. Effect of irradiation on colour and lipid oxidation of dry-cured hams from free-range reared and intensively reared pigs, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **6**, 135– 141.
- Choe, E. and Min, D.B.,** 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **5**, 169-186.
- Church, I.J. and Parsons. A. L.,** 1995. Modified atmosphere packaging technology: a review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **67**, 143-152.
- Cowden, J., Hamlet, N. Locking, M. Allardice. G.,** 2003. A national outbreak of infection with *Salmonella enteritidis* phage types 5c and 6a associated with Chinese food businesses in Scotland, summer 2000, *Epidemiology and Infection*, **130** (3), 387-393.
- Du, M., Hur, S. J. and Ahn, D. U.,** 2002. Raw-meat packaging and storage affect the color and odor of irradiated broiler breast fillets after cooking, *Meat Science*, **61**, 49–54.
- Du, M., Ahn, D. U., Nam, K. C., and Sell, J. L.,** 2000. Influence of dietary conjugated linolenic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat, *Meat Science*, **56**, 387– 395.
- Esteban, M.G., Ansorena, D., Astiasaran, I. and Ruiz, J.,** 2004. Study of the effect of different fiber coatings and extraction conditions on dry cured ham volatile compounds extracted by solid-phase microextraction (SPME), *Talanta*, **64**, 458-466.

- Frye, D.M., Zweig, R., Sturgeon, J. et al.,** 2002. An outbreak of febrile gastroenteritis associated with delicatessen meat contaminated with *Listeria monocytogenes*, *Clinical Infectious Diseases*, **35** (8), 943-94.
- Fernandez, J., Alvarez, J.A.P. and Lopez, J.A.F.,** 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat, *Food Chemistry*, **59**, 345-353.
- Fu, A.H., Sebranek, J.G. and Murano, E.A.,** 1995. Survival of *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* and *Escherichia coli* O157:H7 and quality changes after irradiation of beef steaks and ground beef, *Journal of Food Science*, **60**, 972– 977.
- Gezgin, Z. ve Güneş, G.,** 2003. Gıdaların gama ışınları ile muhafazası, *Gıda*, Aralık, 82-87.
- Giroux, M. and Lacroix, M.,** 1998. Nutritional adequacy of irradiated meat-a review, *Food Research International*, **31**, 257-264.
- Giroux, M., Ouattara, B., Yefsah, R., Smoragiewicz, W, Saucier, L. and Lacroix, M.** 2001. Combined effect of ascorbic acid and gamma irradiation on microbial and sensorial characteristics of beef patties during refrigerated storage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 919-925.
- Gomes, H.A., Silva, E.N., Nascimento, M.R.L. and Fukuma, H.T.,** 2003a. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat, *Food Chemistry*, **80**, 433-437.
- Gomes, H.A., Silva, E.N., Cardello, H.M.A.B. and Cipolli, K.M.V.B.,** 2003. Effect of gamma radiation on refrigerated mechanically deboned chicken meat quality, *Meat Science*, **65**, 919-926.
- Crawford, L.M.,** 1998. Food irradiation's advantages will not escape, public attention, *Food Technology*, **52(1)**, 55.
- Holt, R.U.,** 2001. Mechanisms effecting analysis of volatile flavour components by solid-phase microextraction and gas chromatography, *Journal of Chromatography*, **937**, 107-114.
- Hoban, T.J.,** 1998. Improving the success of new product development. *Food Technology*, **52(1)**, 46-49.
- Insausti, K., Beriain, M.J., Purroy, A. Alberti, P. ve Gorraiz, C. Alzueta, M.J.,** 2001. Shelf life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere, *Meat Science*, **57**, 273-281.
- Jakobsen, M., and Bertelsen, G.,** 2004. Predicting the amount of carbon dioxide absorbed in meat, *Meat Science*, **68**, 603–610.

- Javanmard, M., Rokni, N., Bokaie, S. and Shahhosseini, G.,** 2006. Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial and sensory quality of chicken meat in Iran, *Food Control*, **17**, 469-473.
- Jo, C., Lee, J.I. and Ahn, D.U.,** 1999. Lipid oxidation, color changes and volatiles production in irradiated pork sausage with different fat content and packaging during storage, *Meat Science*, **51**, 355-361.
- Jo, C., Ahn, H.J., Son, J.H, Lee, J.W. and Byun, M.W.,** 2003. Packaging and irradiation effect on lipid oxidation, color, residual nitrite content, and nitrosamine formation in cooked pork sausage, *Food Control*, **14**, 7-12.
- Jo, C, and Ahn, D.U.,** 2000. Production of volatiles compounds from irradiated oil emulsion containing amino acids and proteins, *Journal of Food Science*, **64**, 641-643.
- Jensen, A.T., Hansen, L.L. and Andersen, H.J.,** 2002. Transfer of the meat aroma precursors (Dimethyl sulfide, dimethy disulfide and dimethyl tisulfide) from feed to cooked pork, *Lebnesm-Wiss. U-Technol.*, **35**, 485-489.
- Kader, A.A.** 1986. Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables, *Food Technology*, June, 117-121.
- Karadağ, A.,** 2005. Gama ışınlarının kıyma ve köftelerin kalitesi üzerine etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaeri,** 2002. International Assessment on Wholesomeness of Irradiated Foods. http://www.kaeri.re.kr/food/english/frame/newbody/body_3/1_4/intro3.htm.
- Kanatt, S.R., Paul, P., D’Souza, S.F. and Thomas, P.,** 1998. Lipid peroxidation in chicken meat during chilled storage as affected by antioxidants combined with low-dose gamma irradiation, *Journal of Food Science*, **63**, 198-200.
- Kanatt, S.R., Chander, R. and Sharma, A.,** 2005. Effect of radiation processing on quality of chilled meat products, *Meat Science*, **69**, 269-275.
- Kaya, M., and Aksu, İ.,** 2005. Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on some quality characteristics of sliced ‘sucuk’ produced using probiotics culture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **85**, 2281-2288.
- Kim, Y.H., Nam, K.C. and Ahn, D.U.,** 2002. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species, *Meat Science*, **61**, 257-265.

- Kim, Y. H., Nam, K.C. and Ahn, D.U.**, 2002b. Color, oxidation-reduction potential, and gas production of irradiated meat from different animal species, *Journal of Food Science*, **67**, 1692-1695.
- Kennedy, C., Buckley, D.J. ve Kerry J.P.**, 2004. Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. *Meat Science*, **68**, 649–658.
- Kılınç, B. and Çaklı, Ş.**, 2001. Packaging technics, the effects on microbial flora of fish and shellfish, (In Turkish). E.Ü. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **18**, 279-291.
- Lacroix, M. and Ouattara, B.**, 2000. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products-a review, *Food Research International*, **33**,719-724.
- Lee, E.J. and Ahn, D.U.**, 2003. Production of volatiles from fatty acids and oils by irradiation, *Food Chemistry and Toxicology*, **68** (1),70-75.
- Lee, J.W., Park., K.S., Kim, J.G and Byun, M.W.**, 2005. Combined effects of gamma irradiation and rosemary extracts on the shelf life of a ready to eat hamburger steaks, *Radiation Physics and Chemistry*, **72**, 49-56.
- Lee, M., Sebranek, J. G., Olson, D.G and Dickson. J.S.**, 1996. Irradiation and packaging of fresh meat and poultry, *Journal of Food Protection*, **59**, 62-72.
- Leistner, L. and Gorris. L.G.M.**, 1995. Food preservation by hurdle technology, *Trends in Food Science and Technology*, **6**, 41-45.
- Loaharonu, P.**, 1994. Status and products of food irradiation. *Food Technology*, **48(5)**, 124-132.
- Mani, V.**, 1999. Properties of commercial SPME coatings, chapter 5. Application of solid phase microextraction, edited by Pawliszyn, J., RSC Chromatography, Monographs, UK.
- Matich, A.J.**, 1999. Analysis. of food and plant volatiles, chapter 26. Application of solid phase microextraction, edited by Pawliszyn, J., RSC Chromatography, Monographs, UK.
- Mancini, R.A. and Hunt, M.C.**, 2005. Current research in meat color, *Meat Science*, **71**, 100-121.
- Manuel, C. and Lagunas, S.**, 1995. Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status, *Journal of Food Protection*, **58**, 186-192.

- Martinez, L., Djenane, D., Cilla, I., Beltran, J.S., and Roncales, P., 2005.** Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere, *Meat Scienc*, **71**, 563–570.
- Meilgaard, M. and Civille, G.V., 1999.** Sensory Evaluation Techniques. Third Edition, CRC Press, Florida.
- Montgomery, J.L., Parrish, F.C., Olson, D.G., Dickson, J.S. and Niebuhr, S., 2003.** Storage and Packaging effects on sensory and color characteristic of ground beef, *Meat Science*, **64**, 357-363.
- Morrison, Buzby and Lin, 1997.** Irradiating ground beef to enhance food safety, *Food Review*, January-April, 33-37.
- Murcia, M.A., Tome, M.M., Nicolas, M.C. and Vera, A.M., 2003.** Extending the shelf life and proximate composition stability of ready to eat foods in vacuum or modified atmosphere packaging, *Food Microbiology*, **20**, 617-679.
- Nam, K.C. and Ahn, D.U., 2003.** Effects of ascorbic acid and antioxidant on the color of irradiated ground beef, *Food Chemistry and Toxicology*, **68**, 1686-1689.
- Nam, K.C. and Ahn, D.U. 2003b.** Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties, *Meat Science*, **63**, 1-8.
- Nam, K.C. and Ahn, D.U. 2003c.** Combination of aerobic and vacuum packaging to control lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey breast, *Meat Science*, **63**, 389-395.
- Nam, K.C. and Ahn, D.U., 2004.** Effects of ascorbic acid and antioxidant on color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. *Radiation Physics and Chemistry*, **71**, 149-154.
- Nanke, K.E., Sebranek, J.G. and Olson, D.G., 1998.** Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef, and turkey, *Journal of Food Science*, **63**, 1001-1005
- Nicolalde, C., Stetzer, A.J., Tucker, E.M., McKeith, F.K. and Brewer, M.S., 2006.** Antioxidant and modified atmosphere packaging prevention of discoloration in pork bones during retail display, *Meat Science*, **72**, 713–718.
- Nielsen, J.H., Sorensen, B., Skibsted, L.H. and Bertelsen, G., 1997.** Oxidation in pre-cooked minced pork as influenced by chill storage of raw muscle, *Meat Science*, **46**, 191-197.

- O'Grady, M.N., Monahan , F.J., Burke , R.M. and Allen, P.,** 2000. The effect of oxygen level and exogenous a-tocopherol on the oxidative stability of minced beef in modified atmosphere packs, *Meat Science*, **55**, 39-45.
- Olson, D.G.,**1998. Scientific status summary: Irradiation of food, *Food Technology*, **52** (1), 56-62.Organizational, Geneva.
- Pawliszyn, J.** 2001. Solid phase microextraction, chapter 6. Headspace analysis of food and flavors. Theory and practice, Kluwer academic/Plenum Publishers, New York.
- Padhye, N.V. and Doyle, M.P.,** 1992. *Escherichia coli* O157:H7: epidemiology, pathogenesis, and methods for detection in food, *Journal of Food Protection*, **55**, 555-565.
- Patsias, A., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G.,** 2005. Shelf-life of a chilled precooked chicken product stored in air and under modified atmospheres: microbiological, chemical, sensory attributes, *Food Microbiology*, **23**, 423-429.
- Patterson, R. L. S., and Stevenson, M. H.,** 1995. Irradiation-induced off-odor in chicken and its possible control, *British Poultry Science*, **36**, 425-441.
- Phillips, C.A.,** 1996. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbial quality and safety of produce, *International Journal of Food Science and Technology*, **32**, 463-479.
- Pikul, J., Dennis E., Leszczynski, E.D. and Kummerow, F.A.,** 1989. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **37**, 1309-1313.
- Quattara, B., Giroux, M., Yefsah, R., Smoragiewicz, W., Saucier, L., Borsa, J., and Lacroix, M.,** 2002. Microbiological and biochemical characteristics of ground beef as affected by gamma irradiation, food additives and edible coating film, *Radiation Physics and Chemistry*, **63**, 299- 304.
- Quattara, B., Sabto, S.F. and Lacroix, M.,** 2002. Use of gamma-irradiation technology in combination with edible coating to produce shelf-stable foods, *Radiation Physics and Chemistry*, **63**, 305-310.
- Rao, D.N. and Sachindra, N.M.,** 2002. Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products, *Food Reviews International*, **18**(4), 263-293.
- Renner, M.,** 1990. Factors involved in the discoloration of beef meat, *International Journal of Food Science and Technology*, **25**, 613-630.

- Soncin, S., Chiesa, L.M., Cantoni, C. and Biondi, P.A.,** 2006. Preliminary study of the volatile fraction in the raw meat of pork, duck and goose, *Journal of Food Communication and Analysis*, **20**, 436-439.
- Shirey, R.E. and Mindrup, R.F.,** 1999. SPME-Adsorption versus, Absorption. which fiber is best for your application? Supelco, T400011, Sigma-Aldrich Co.
- Shenoy, K., Murano, E.A. and Olson, D.G.,** 1998. Survival of heatshocked *Yersinia enterocolitica* after irradiation in ground pork, *International Journal of Food Microbiology*, **39**, 133– 137.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T. and Bergslien, H.,**2002. Modified atmosphere packaging, In Minimal Processing Technologies in the Food Industry, Woodhead Publishing Limited and CRC Press, LLC.
- Smiddy, M. Fitzgerald, M., Kerrya, J.P., Papkovsky, D.B. Sullivan, C.KO., Guilbault, G.G.,** 2002. Use of oxygen sensors to non-destructively measure the oxygen content in modified atmosphere and vacuum packed beef: impact of oxygen content on lipid oxidation. *Meat Science*, **61**, 285–290.
- Sørheim , O., Ofstad, R., Lea, P.,** 2004. Effects of carbon dioxide on yield, texture and microstructure of cooked ground beef, *Meat Science*, **67**, 231–236.
- Skandamis, P.N. ve Nychas, G.J.E.,** 2002. Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*, **79**, 35– 45.
- Tauxe, R.,** 2001. Food Safety and Irradiation: Protecting the public from foodborne infections, *Emerging Infections Diseases*, **7**, 516-521.
- Thakur, B.R. and Singh, R.K.,** 1995. Combination processes in food irradiation, *Trends in Food Science and Technology*, **6**, 7-11.
- Thayer, D.W.,** 1990. Food irradiation: benefits and concerns, *Journal of Food Quality*, **13**, 147-169.
- Tritsch, G.L.,** 2000. Food Irradiation. *Nutrition*, **16**, 698-718.
- Viana, E.S., Gomide, L.A.M. & Vanetti, M.C.D.,** 2005. Effect of modified atmospheres on microbiological, color and sensory properties of refrigerated pork, *Meat Science*, **71**, 696–705.
- Vural, A. ve Aksu, H.,** 2003. Et ve et ürünlerinin mikrobiyolojisi üzerine gamma ışınlanmanın etkisi, *Dünya Gıda*, **5**, 68-73.

- Wheeler, T.L., Shackelford, S.D. and Koohmaraie, M.,** 1999. Trained sensory panel and consumer evaluation of gamma irradiation on palatability of vacuum-packaged frozen ground beef patties, *Journal of Animal Science*, **77**, 3219-3224.
- Wilcock, A., M. Pun, J., Khanona, M.A.,** 2004. Consumer attitudes, knowledge and behaviour: a review of food safety issues, *Trends in Food Science and Technology*, **15**, 56-66.
- Xuetong, F., Smmers, C.H., Thayer, D.W. and Lehotay, S.J.,** 2002. Volatiles compounds in irradiated precooked turkey breast analyzed with pulsed flame photometric detection. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **50**, 4257-4261.
- Yılmaz, N., Öztürk, A. ve Güneş, G.,** 2007. Farklı modifiye atmosferlerin pişirmeye hazır köftelerin mikrobiyal kalitesi, renk ve oksidasyonu üzerine etkisi, 5. Gıda Mühendisliği Kongresi Kitapçığı, 255-260.
- Zhu, M.J., Lee, E.J., Mendonca, A. and Ahn, D.U.,** 2003. Effect of irradiation on the quality of turkey ham during storage, *Meat Science*, **66**, 63-68.

EKLER

EK A: Dozimetre Ölçüm Sonuçları

Tablo A.1: 2 ve 4 kGy dozla ışınlanan örneklerin dozimetre sonuçları

GAMMA-PAK

DOSE LOG SHEET
SINGLE MEASUREMENT MODE

DATE : 08/03/2007 Entry N°:TEST0019,07

C5 =

FILE N°: 07

C4 =

OPERATOR : R.GÖKPINAR 16:30

C3 =

DOSIMETER TYPE : AMBER 603 S

C2 = 0.15938

BATCH : 3042 S

C1 = 1.7824

DOSE RANGE : 2.63 - 10.3 (kGy)

C0 = 0.36020

WAVELENGTH : 603 RMS= 0 %

UCTY of reference (k=2) : 2.3 %

BGD : 0

Measure T ? (y/n) y

DOSIMETER N°	CELL OPTIC N°	ABS	THICKNESS (μm)	(ABS-BGD) / T (1/cm)	DOSE (kGy)	MEAN (kGy)	UCTY (k=2) (kGy)
ÖRNEK 1 ÖN	1	0.290	2594	1.118	2.552*		
ÖRNEK 1 İÇ	1	0.344	3425	1.004	2.311*		
ÖRNEK 1 ARKA	1	0.333	2905	1.146	2.613*	2.492	0.06
ÖRNEK 2 ÖN	1	0.322	3026	1.064	2.437*		
ÖRNEK 2 İÇ	1	0.265	2864	0.925	2.146*		
ÖRNEK 2 ARKA	1	0.359	3342	1.074	2.459*	2.347	0.06
ÖRNEK 3 ÖN	1	0.357	3259	1.095	2.504*		
ÖRNEK 3 İÇ	1	0.232	2848	0.815	1.918*		
ÖRNEK 3 ARKA	1	0.312	2738	1.140	2.598*	2.340	0.06
ÖRNEK 4 ÖN	1	0.352	3401	1.035	2.376*		
ÖRNEK 4 İÇ	1	0.249	2735	0.910	2.115*		
ÖRNEK 4 ARKA	1	0.339	2829	1.198	2.725	2.405	0.06
ÖRNEK 5 ÖN	1	0.691	3016	2.291	5.280		
ÖRNEK 5 İÇ	1	0.509	2751	1.850	4.204		
ÖRNEK 5 ARKA	1	0.709	3162	2.242	5.158	4.881	0.11
ÖRNEK 6 ÖN	1	0.667	2851	2.340	5.403		
ÖRNEK 6 İÇ	1	0.663	3328	1.992	4.544		
ÖRNEK 6 ARKA	1	0.593	2839	2.089	4.779	4.909	0.12
ÖRNEK 7 ÖN	1	0.659	2718	2.425	5.619		
ÖRNEK 7 İÇ	1	0.613	3282	1.868	4.245		
ÖRNEK 7 ARKA	1	0.666	2890	2.304	5.314	5.059	0.12
ÖRNEK 8 ÖN	1	0.619	2836	2.183	5.010		
ÖRNEK 8 İÇ	1	0.572	2952	1.938	4.412		
ÖRNEK 8 ARKA	1	0.590	2640	2.235	5.140	4.854	0.12

Tablo A.2: 1,5 kGy dozla ışınlanan örneklerin dozimetre sonuçları

GAMMA-PAK

DOSE LOG SHEET

SINGLE MEASUREMENT MODE

DATE : 18/06/2007 Entry N°:bg
 FILE N°: 08
 OPERATOR : Hakan BEHCAN
 DOSIMETER TYPE : AMBER 603 S
 BATCH : 3042 S
 DOSE RANGE : 2.63 - 10.3 (kGy)
 WAVELENGTH : 603 RMS= 0 %
 BGD : 0

C5 =
 C4 =
 C3 =
 C2 = 0.15938
 C1 = 1.7824
 C0 = 0.36020
 UCTY of reference(k=2): 2.3 %
 Measure T ?(y/n) y

DOSIMETER N°	CELL OPTIC N° ABS	THICKNESS (µm)	(ABS-BGD) /T (1/cm)	DOSE (kGy)	MEAN (kGy)	UCTY (k=2) (kGy)
BG 1	1 0.353	2785	1.268	2.875		
BG 2	1 0.342	2852	1.199	2.727		
0.75	1 -0.349	36	0.000	999.9*		
IC	1 0.349	2894	1.206	2.741		
ON	1 0.348	2876	1.210	2.750		
ARKA	1 0.360	2979	1.208	2.747		
1.5 kGy (1)						
IC	1 0.349	2856	1.222	2.776		
ON	1 0.423	3548	1.192	2.712		
ARKA	1 0.380	2954	1.286	2.917		
1.5 kGy (2)						
IC	1 0.366	2812	1.302	2.950		
ON	1 0.425	3252	1.307	2.962		
ARKA	1 0.406	3286	1.236	2.806		

DOSE LOG SHEET
SINGLE MEASUREMENT MODE

DATE : 18/06/2007 Entry N°: TEST0060.07 C5 =
 FILE N°: 07 C4 =
 OPERATOR : Hakan BEHCAN C3 =
 DOSIMETER TYPE : AMBER 603 S C2 = 0.15938
 BATCH : 3042 S C1 = 1.7824
 DOSE RANGE : 2.63 - 10.3 (kGy) C0 = 0.36020
 WAVELENGTH : 603 RMS= 0 % UCTY of reference(k=2): 2.3 %
 BGD : 0 Measure T ? (y/n) y

DOSIMETER N°	CELL OPTIC N° ABS	THICKNESS (μm)	(ABS-BGD) / T (1/cm)	DOSE (kGy)	MEAN (kGy)	UCTY (k=2) (kGy)
3 kGy IC	1 0.361	2703	1.336	3.025		
3 kGy ON	1 0.485	3476	1.395	3.157		
3 kGy ARKA	1 0.349	2866	1.218	2.767		
(KOLI 1)						
3 kGy IC	1 0.334	3196	1.045	2.397*		
3 kGy ON	1 0.419	2850	1.470	3.325		
3 kGy ARKA	1 0.288	3043	0.946	2.190*		

Tablo B. 1: Farklı TEP konsantrasyonlarında hesaplanan ekstraksiyon katsayısı (K_{ekst}) değerleri

Konsantrasyon (mol/5ml)	Absorbans (A)	K _{ekst}
1*10 ⁻⁸	0,235	3,51
2 *10 ⁻⁸	0,335	4,93
3*10 ⁻⁸	0,444	5,58
4*10 ⁻⁸	0,528	6,26
5*10 ⁻⁸	0,607	6,80
6*10 ⁻⁸	0,725	6,83
7*10 ⁻⁸	0,76	7,61
8*10 ⁻⁸	0,865	7,64
Ortalama		6,14

EK C: Duyusal Analiz Formları

Tablo C.1: Pişirilmemiş örnekler için kullanılan duyusal analiz formu

Ad, Soyad:

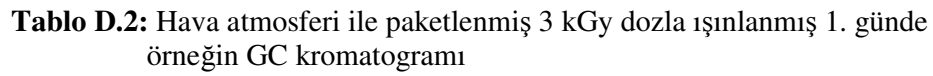
Özellik/Referans																			
Kokuşma kokusu:	Var/Yok																		
Ransit Koku	Var/Yok																		
Baharat Kokusu Baharatsız yağlı köfte: 0 Baharatlı yağsız köfte: 15	_____→ 0 15																		
Işınlama Kokusu: 9 kGy ışınlanmış köfte:15 0 kGy ışınlanmış köfte:0	_____→ 0 15																		
Renk: Kahverengi köfte:0 Kiremit turuncusu ışınlanmamış köfte:15	_____→ 0 Kahverengi Kiremit turuncusu 15																		
Genel Beğenirlik	<table><tr><td>Örnek</td><td>beğendim</td><td>beğenmedim</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr></table>	Örnek	beğendim	beğenmedim															
Örnek	beğendim	beğenmedim																	
.....																			
.....																			
.....																			
.....																			
.....																			

Tablo C.2: Pişirilmiş örnekler için kullanılan duyusal analiz formu

Ad Soyad:

Özellik/Referans																						
Kokuşma kokusu:	Var/Yok																					
Ransit Koku	Var/Yok																					
Baharat Kokusu Baharatsız yağlı köfte: 0 Baharatlı yağsız köfte:15	015																					
Işılama Kokusu: 9 kGy ışınlanmış köfte:15 0 kGy ışınlanmış köfte:0	015																					
Renk: Açık kahverengi :0 Koyu kahverengi:15 Pınar Hindi döner pişirilmiş:15	0 Açık kahverengiKoyu kahverengi15																					
Pişmiş Tat 0 kGy 230 °C de 35 dakika pişirilmiş köfte:8	015																					
Dokuda sıkılaşma Pınar dana sucuğun sertliği:15	015																					
Genel Beğenirlik	<table><tr><td>Örnek</td><td>beğendim</td><td>beğenmedim</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr></table>	Örnek	beğendim	beğenmedim																		
Örnek	beğendim	beğenmedim																				
.....																						
.....																						
.....																						
.....																						
.....																						
.....																						

Tablo D.1: Hava atmosferi ile paketlenmiş 4 kGy dozla ısıtılmış $3\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün depolanmış örneğin GC kromatogramı



ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Bulgaristan’da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Kadıköy’de tamamladı. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra, aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği programında yüksek lisansa başladı. 2006 yılında derslerini tamamlayarak yüksek lisans tez çalışmasına başladı.